

Organisches, elektro-optisches Element mit erhöhter
Auskoppeleffizienz

Die Erfindung betrifft allgemein elektro-optische Elemente,
5 sowie Verfahren zu deren Herstellung. Insbesondere betrifft
die Erfindung ein organisches elektro-optisches Element mit
erhöhter Auskoppeleffizienz, sowie ein Verfahren zu dessen
Herstellung.

10 Organische lichtemittierende Dioden (OLEDs) können bereits
mit sehr guten internen Quanteneffizienzen (Anzahl Photonen
pro injiziertes Elektron) hergestellt werden. So sind
bereits OLED-Schichtstrukturen mit internen
Quanteneffizienzen von 85% bekannt. Jedoch wird die
15 Effizienz von OLEDs deutlich durch Auskoppelverluste
herabgesetzt. An den vorhandenen Grenzflächen von
aneinander grenzenden Medien mit unterschiedlichen
Brechungssindizes treten Reflexionsverluste auf.
Insbesondere ergibt sich ein besonders hoher
20 Brechungssindexsprung bei der Auskopplung von Licht an der
Oberfläche der OLED und beim Eintritt in das
Trägersubstrat. Dieser Brechungssindexsprung führt zur
Totalreflexion von Licht, welches vom Inneren der OLED her
kommt unter einem Winkel auf die Grenzfläche trifft, der
25 größer als der Grenzwinkel ist. Dies wiederum reduziert den
Raumwinkel, unter welchem die Strahlung auskoppelt werden
kann. So gilt für den Bruchteil η der auskoppelbaren
Strahlung die Näherung:

30 $\eta \approx 0.5 \cdot n^2$,

wobei n den größten Brechungsindex der einzelnen Schichten der OLED bezeichnet.

Im allgemeinen umfaßt eine OLED eine organische, 5 elektrolumineszente Schicht, deren Licht durch eine transparente, leitfähige Elektrodenschicht, z.B. aus Indium-Zinn-Oxid (ITO), und einen transparenten Träger, wie insbesondere einen Glasträger, eine Glaskeramik oder Polymerfolie mit vorzugsweiser Barriereforschichtung 10 ausgekoppelt wird. Typische Werte für die Brechungsindizes sind dabei $n=1,6 - 1,7$ für die organische, elektrolumineszente Schicht, $n=1,6 - 2,0$ für die ITO-Schicht, $n \approx 1,5$ für das Trägermaterial und $n \approx 1,0$ für die 15 umgebende Luft. Hohe Reflexionsverluste treten somit an beiden Grenzflächen des Trägers auf.

Zur Lösung dieses Problems wurden verschiedene Wege 20 bestritten. In der US 2001/0055673 A1 wird beispielsweise vorgeschlagen, auf ein flaches Substrat eine beidseitige, mehrlagige Interferenzschicht aufzubringen.

In der US 2002/0094422 A1 wird ferner eine OLED offenbart, 25 bei welcher zwischen der transparenten ITO-Elektrodenschicht und dem Substrat eine Zwischenschicht angeordnet ist, die einen variierenden Brechungsindex aufweist, wobei der Brechungsindex an den Grenzflächen der Zwischenschicht jeweils den Brechungsindex der angrenzenden Materialien hat.

30 Weiterhin besteht die Möglichkeit, periodische Strukturen herzustellen. Hier wurde unter anderem versucht, die Auskoppeleffizienz mittels "Distributed Feedback"-Gittern oder Strukturen mit zweidimensionaler photonischer Bandlücke zu verwenden. Eine derartige Anordnung wird

beispielsweise in "A high-extraction-efficiency nanopatterned organic light emitting diode", Appl. Phys. Lett. Vol. 82 Num. 21, 3779 ff. beschrieben. Ebenso wurde eine quasiperiodische Anordnung von SiO₂-Kugeln auf dem 5 Glasträger getestet. Periodische Strukturen weisen jedoch deutliche dispersive Eigenschaften auf, so daß sie die spektrale Zusammensetzung des ausgetöpfelten Lichts, insbesondere auch richtungsabhängig ändern. Zudem erfordert die Herstellung solcher Schichten zusätzliche 10 Arbeitsschritte mit erheblichem Aufwand.

Auch mikrooptische Elemente, wie Linsen oder auf die OLED-Strukturen aufgesetzte Kegelstümpfe, sind bekannt. Hierbei ergibt sich aber das Problem, daß diese Strukturen nur dann 15 wirksam sind, wenn die aktive Fläche des OLED kleiner als der dieser Fläche zugeordnete Oberflächenteil ist. Somit wird zwar die Auskoppeleffizienz erheblich erhöht, jedoch wird gleichzeitig die lichtemittierende Fläche der OLED erniedrigt, so daß auf diese Weise keine wesentliche 20 Steigerung der Gesamthelligkeit erreicht wird. Diese Lösungen des Problems sind daher allenfalls geeignet, um eine höhere Leuchtdichte bei Pixeldisplays zu erreichen, bei denen ohnehin nicht leuchtende Zwischenräume zwischen den einzelnen OLED-Strukturen vorhanden sind.

25 Als weitere Möglichkeit wurde der Einsatz niedrigbrechender Zwischenschichten erprobt. Insbesondere wurden dazu Aerogel-Zwischenschichten getestet. Diese Lösung schafft eine deutliche Steigerung der Auskoppeleffizienz. Hier 30 jedoch besteht ein Nachteil in der Empfindlichkeit der OLED-Struktur gegenüber chemischen Umgebungseinflüssen. OLEDs degradieren im allgemeinen unter Einwirkung von Wasser oder Sauerstoff sehr schnell. Die porösen OLED-Schichten besitzen jedoch nur wenig Barrierewirkung

gegenüber solchen reaktiven Substanzen. Aerogele können sogar wie ein Schwamm wirken, welcher bereits bei der Herstellung der OLED degradierende Substanzen aufnimmt und speichert und diese anschließend an die Schichtstruktur der 5 OLED abgibt. Obwohl eine derart hergestellte OLED also besonders hohe Auskoppeeffizienzen zeigt, ist sie für OLEDs mit langer Lebensdauer nur schlecht geeignet.

10 Diese bisher bekannten Anordnungen zur Erhöhung der Auskoppeeffizienz sind entweder vergleichsweise aufwendig zu realisieren oder haben andere Nachteile, wie etwa eine Beeinträchtigung der Lebensdauer.

15 Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein organisches elektro-optisches Element mit erhöhter Auskoppeeffizienz zu schaffen, welches in einfacher Weise herstellbar ist und dessen Lebensdauer nicht durch die Maßnahmen zur Erhöhung der Auskoppeeffizienz beeinträchtigt wird. Diese Aufgabe wird bereits in höchst überraschend einfacher Weise durch 20 ein organisches, elektro-optisches Element, sowie einem Verfahren zur Herstellung eines organischen, elektro-optischen Elements gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der jeweiligen abhängigen Ansprüche.

25 Dementsprechend umfaßt ein erfindungsgemäßes organisches, elektro-optisches Element ein Substrat und zumindest eine elektro-optische Struktur, welche eine aktive Schicht mit zumindest einem organischen, elektro-optischen Material 30 umfaßt, wobei das Substrat zumindest eine Entspiegelungsschicht mit wenigstens einer Lage aufweist, und wobei die Lage der Entspiegelungsschicht eine Dicke und einen Brechungsindex aufweist, für welche die integrale Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht 35 für unter allen Winkeln von der aktiven Schicht ausgehende

Lichtstrahlen und für eine Wellenlänge im Spektralbereich des emittierten Lichts minimal ist, oder für welche die integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das 5 Minimum der integralen Reflektivität ist.

Die integrale Reflektivität ist dabei die über alle Emissionswinkel von Lichtstrahlen, die von der aktiven Schicht ausgehen, integrierte Reflektivität an den 10 Grenzflächen der Entspiegelungsschicht.

Unter dem Minimum der integralen Reflektivität wird außerdem der minimale Wert der integralen Reflektivität verstanden, der bei einer Variation der Werte für 15 Brechungsindex und Schichtdicke der Entspiegelungsschicht, beispielsweise im Falle einer einlagigen Schicht, für die Entspiegelungsschicht unter sonst unveränderten Bedingungen erreichbar ist. Hierbei kann der Schichtbrechwert gemäß einer Ausführungsform der Erfindung dispersionsfrei und 20 uniform über die gesamte Schichtdicke angesetzt werden.

Ein entspiegeltes Substrat, insbesondere Glassubstrat mit einer Entspiegelungsschicht mit wenigstens einer Lage, welche eine Dicke und einen Brechungsindex aufweist, für 25 welche die integrale Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht für unter allen Winkeln in der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen minimal ist oder für welche die integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher als das Minimum ist, kann als Träger für ein 30 organisches, elektro-optisches Element, wie insbesondere einer organischen, lichtemittierenden Diode, aber selbstverständlich auch als Träger oder Aufsatz für andere lichtemittierende Einrichtungen verwendet werden.

Weiterhin kann ein mit einer erfindungsgemäßen Entspiegelungsschicht versehenes Substrat, wie etwa ein transparentes Glas- oder Kunststoffsubstrat auch für alle weiteren Anwendungen eingesetzt werden, bei welchen Licht 5 nicht nur unter senkrechtem Einfall auf das Substrat trifft oder durch dieses transmittiert wird. Auch hier kann besonders vorteilhaft bereits sogar mit einer nur einlagigen Entspiegelungsschicht eine verbesserte Entspiegelung erreicht werden. Selbstverständlich lässt sich 10 die Erfindung auch für diese Anwendungen aber ebenso auf mehrlagige Entspiegelungsschichten erweitern.

Ein solches Substrat gemäß der Erfindung weist demgemäß 15 allgemein eine Entspiegelungsschicht mit zumindest einer Lage auf, wie sie hier speziell für elektro-optische Elemente, insbesondere organische elektro-optische Elemente und deren Herstellung beschrieben wird. Beispielsweise können auch optische Einrichtungen, wie etwa optische Komponenten, Scheiben, insbesondere Fensterscheiben für 20 Gebäude -sowohl einfache Fensterscheiben, als auch Architekturglas-, oder Fahrzeugfenster, etwa Fenster für Flugzeuge, Schiffe und Landfahrzeuge, oder auch Beleuchtungskörper, wie Glühbirnen oder Leuchtstoffröhren mit einer oder mehreren erfindungsgemäßen 25 Entspiegelungsschichten mit optimierter integraler Reflektivität versehen werden. Optische Komponenten mit erfindungsgemäßen Entspiegelungsschichten können beispielsweise Linsen, auch Brillengläser, Prismen oder optische Filter sein. Die Erfindung eignet sich dabei 30 insbesondere für derartige optische Einrichtungen, welche für die Transmission von unter einem breiten Winkelbereich aus dem Substrat austretendem oder in das Substrat eintretendem Licht ausgebildet sind.

Durch eine Entspiegelungsschicht wird die Aus-, beziehungsweise Einkoppeleffizienz von Licht, welches durch das Substrat tritt, deutlich gegenüber einem nicht beschichteten Substrat erhöht, da durch die Entspiegelung 5 Rückreflexionen zumindest teilweise unterdrückt werden. Erfundungsgemäß wird dabei die Schichtdicke und der Brechungsindex der Entspiegelungsschicht nicht auf senkrechte Inzidenz optimiert, was zu einer aus dem Stand der Technik bekannte Schichtdicke von einem Viertel der 10 Lichtwellenlänge führt, sondern es werden vielmehr alle möglichen Richtungen emittierter Lichtstrahlen berücksichtigt.

Durch die erfundungsgemäße Anordnung ist es dabei möglich, 15 bereits mit einer einfachen, einlagigen Entspiegelungsschicht die Transmission von der aktiven Schicht in das Substrat hinein und/oder beim Austritt des Lichts auf der Sichtseite des Elements um einen Faktor 2 zu erhöhen, was auch dementsprechend eine deutliche Steigerung 20 der gesamten externen Quanteneffizienz mit sich bringt.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird dabei die Schichtdicke und der Brechungsindex der Entspiegelungsschicht so gewählt, daß das Integral der 25 Reflektivität der Entspiegelungsschicht,

$$1) \quad I(n_1, n_2, n_3, d) = \int_0^{\pi/2} R(n_1, n_2, n_3, d, \theta) \sin(\theta) d\theta$$

minimal ist oder vom Minimalwert höchstens 25 Prozent 30 abweicht. Dabei bezeichnen n_2 den Brechungsindex der Entspiegelungsschicht, n_1 und n_3 die Brechungsindizes der an die Entspiegelungsschicht angrenzenden Medien, θ den

Winkel des emittierten Lichts zum Lot auf die dem Emitter zugewandte Grenzfläche der Entspiegelungsschicht und d die Schichtdicke der Entspiegelungsschicht.

5 Für die Reflektivität $R(n_1, n_2, n_3, d, \theta)$ kann unter der Annahme gleicher Emissionswahrscheinlichkeit für TE- und TM-polarisiertes Licht, beziehungsweise für unpolarisiertes Licht angesetzt werden:

$$2) \quad R(n_1, n_2, n_3, d, \theta) = \frac{R_{TE} + R_{TM}}{2}, \text{ wobei}$$

10 R_{TE} und R_{TM} die Reflexionskoeffizienten für TE- und TM-polarisiertes Licht sind. Für die Reflexionskoeffizienten gilt:

$$3) \quad R_{TE} = \frac{r_{12}^2 + r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}{1 + r_{12}^2 r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}, \text{ mit}$$

$$3a) \quad r_{12} = \frac{n_1 \cos(\alpha_1) - n_2 \cos(\alpha_2)}{n_1 \cos(\alpha_1) + n_2 \cos(\alpha_2)}, \text{ und}$$

$$3b) \quad r_{23} = \frac{n_2 \cos(\alpha_2) - n_3 \cos(\alpha_3)}{n_2 \cos(\alpha_2) + n_3 \cos(\alpha_3)}, \text{ beziehungsweise}$$

$$4) \quad R_{TM} = \frac{r_{12}^2 + r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}{1 + r_{12}^2 r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}, \text{ mit}$$

15

$$4a) \quad r_{12} = \frac{n_2 \cos(\alpha_1) - n_1 \cos(\alpha_2)}{n_2 \cos(\alpha_1) + n_1 \cos(\alpha_2)}, \text{ und}$$

$$4b) \quad r_{23} = \frac{n_3 \cos(\alpha_2) - n_2 \cos(\alpha_3)}{n_3 \cos(\alpha_2) + n_2 \cos(\alpha_3)}.$$

Für den Parameter β gilt weiterhin:

$$5) \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda_0} n_2 d \cos(\alpha_2).$$

Der Winkel α_1 bezeichnet dabei den zum Lot auf die Grenzfläche gemessenen Winkel eines auf die Entspiegelungsschicht auftreffenden Lichtstrahls und entspricht somit dem Winkel θ . Der Winkel α_2 ist der zum 5 Lot auf die Grenzfläche gemessene Winkel des an der Grenzfläche zwischen dem Medium mit dem Brechungsindex n_1 und der Entspiegelungsschicht gebrochenen, in der Entspiegelungsschicht laufenden Lichtstrahls. Der Winkel α_3 bezeichnet ferner den Winkel des abermals an der 10 gegenüberliegenden Grenzfläche zum Medium mit dem Brechungsindex n_3 gebrochenen und in diesem Medium laufenden Lichtstrahls. Die Wellenlänge des Lichts im Vakuum ist mit λ_0 bezeichnet. Bei absorptiven Medien sind 15 die Brechungssindizes entsprechend durch die komplexen Indizes $N = n + ik$ zu ersetzen.

Sehr überraschend zeigt sich, daß eine wie vorstehend beschrieben ausgebildete Entspiegelungsschicht mit minimaler oder vom Minimum nur um höchstens 25% 20 abweichenden Reflektivität im allgemeinen sehr viel dickere Schichtdicken aufweist, als diese üblicherweise für Entspiegelungsschichten eingesetzt werden. Eine gute Antireflex-Wirkung kann bereits mit einem Substrat mit einer Entspiegelungsschicht mit zumindest einer Lage, 25 erzielt werden, bei welchem die Lage der Entspiegelungsschicht, bevorzugt bei mehrlagiger Entspiegelungsschicht auch alle Lagen der Entspiegelungsschicht eine optische Dicke von zumindest 3/8 einer Wellenlänge des Transmissions- oder 30 Emissionsspektrums, bevorzugt sogar zumindest einer halben Wellenlänge aufweisen. Die Wellenlänge, auf welche sich diese optische Dicke bezieht, hängt dabei vorzugsweise von der jeweiligen Anwendung ab. Bei einem Substrat für ein elektro-optisches Element oder einem Beleuchtungskörper ist

diese Wellenlänge bevorzugt eine Wellenlänge des spektralen Bereichs des Emissionsspektrums, besonders bevorzugt die mittlere Wellenlänge des vom Element emittierten Spektrums oder die mittlere Wellenlänge des mit der

5 Augenempfindlichkeit gewichteten Emissionsspektrums. Bei einem Fensterglas oder einer Linse kann analog die mittlere Wellenlänge des sichtbaren Spektrums oder des mit der Augenempfindlichkeit gewichteten sichtbaren Spektrums zur Kalkulation der Schichtdicke verwendet werden.

10 Allgemein ist die integrale Reflektivität von der Schichtdicke und den Brechungsindizes der Entspiegelungsschicht n_2 und denen der angrenzenden Medien, n_1 und n_3 abhängig, wobei die Brechungsindizes der

15 angrenzenden Medien durch Vorgabe des Materials festgelegt werden können. Beispielsweise kann Glas als Substrat mit einem Brechungsindex von $n_3=1,45$ und Indium-Zinn-Oxid als leitfähiges transparentes Elektrodenmaterial eingesetzt werden.

20 Es ist dem Fachmann offensichtlich, daß mit einer minimalen integralen Reflektivität an der Grenzfläche eine maximale Transmission einhergeht. Anstelle die minimale integrale Reflektivität gemäß der Beziehung 1) zu bestimmen, könnte

25 auch ebenso unter Verwendung der Beziehungen 2) bis 5) die maximale integrale Transmission für unter allen Winkeln, etwa von einem gedachten Emittor in der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen bestimmt werden, wobei für die integrale Transmission $T(n_1, n_2, n_3, d, \theta)$ gilt:

30 6)
$$T(n_1, n_2, n_3, d, \theta) = I - R(n_1, n_2, n_3, d, \theta).$$

Es ist auch von Vorteil, die Schichtdicke und den Brechungsindex der Entspiegelungsschicht so zu wählen, daß

das Integral über die mit der spektralen Intensitätsverteilung der emittierten Strahlung gewichtete Reflektivität optimiert ist. Gemäß einer Weiterbildung dieser Ausführungsform der Erfindung ist daher vorgesehen,

5 daß die Lage der Entspiegelungsschicht eine Dicke und einen Brechungsindex aufweist, für welche die über alle Winkel der von der aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen

10 Intensitätsverteilung gewichtete Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum ist.

15 Dieses Integral $I(n_1, n_2, n_3, d)$ kann bestimmt werden durch:

$$7) \quad I(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_0^{\pi/2} S(\lambda) \cdot R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta) \sin(\theta) d\theta d\lambda$$

Für die Reflektivität $R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta)$ gelten die gleichen Beziehungen, wie für Gleichung (1), so daß zur Berechnung vorteilhaft die Gleichungen 2) - 5) eingesetzt werden können. Wird wie bei Gleichung 6 auch über einen Wellenlängenbereich integriert, so ist dann aber auch die Dispersion der Medien, beziehungsweise die Abhängigkeit der Brechungsindizes n_1, n_2, n_3 von der Wellenlänge zu berücksichtigen. Dabei bezeichnen $S(\lambda)$ die spektrale Intensitätsverteilungsfunktion, $R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta)$ die Reflektivität in Abhängigkeit von Emissionswinkel θ , Schichtdicke d und der wellenlängenabhängigen Brechungsindizes $n_2(\lambda)$ der Entspiegelungsschicht und der angrenzenden Medien, $n_1(\lambda), n_3(\lambda)$, und λ_1 und λ_2 die Integrationsgrenzen des Spektralbereiches. Mit der

spektralen Intensitätsverteilungsfunktion $S(\lambda)$ werden die Werte der Reflektivität $R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, 0)$ gewichtet. Die Grenzwerte λ_1 und λ_2 der Integration über die Wellenlänge können beispielsweise die Grenzen des Wellenlängenbereichs der Emission bezeichnen. Allerdings können auch engere Grenzen, beziehungsweise ein Teilspektralbereich als Integrationsgrenzen gewählt werden. Dies ist unter anderem dann sinnvoll, wenn etwa die aktive Schicht auch in Wellenlängen emittiert, für welche eines oder mehrere der eingesetzten Materialien opak sind.

In der Regel ist die extrinsische spektrale Emissionswahrscheinlichkeit leichter zu bestimmen, als die intrinsische Emissionswahrscheinlichkeit der aktiven Schicht. Diese kann aber im allgemeinen zur Bestimmung der Schichtdicke und des Brechungsindex in erster Näherung durch die extrinische spektrale Verteilung ersetzt werden.

Mit einer derart ausgebildeten Entspiegelungsschicht kann eine optimale externe Quanteneffizienz für den von der aktiven Schicht emittierten Spektralbereich erreicht werden. Allerdings kann das Maximum der subjektiv wahrgenommenen Helligkeit von der maximal erreichbaren Auskoppeleffizienz aufgrund der spektral variierenden Augenempfindlichkeit abweichen. Dementsprechend ist gemäß einer weiteren Ausführungsform vorgesehen, daß die Lage der Entspiegelungsschicht eine Dicke und einen Brechungsindex aufweist, für welche die über alle Winkel der von der aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen Intensitätsverteilung und der spektralen Augenempfindlichkeit gewichtete Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15

Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum ist.

5 Dieses Integral $I(n_1, n_2, n_3, d)$ kann errechnet werden durch:

8)
$$I(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_0^{\pi} S(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta) \sin(\theta) d\theta d\lambda$$

10 Diese Gleichung entspricht bis auf die zusätzliche Multiplikation mit der spektralen Augenempfindlichkeit $V(\lambda)$ im Integranden der Gleichung 7).

Der Begriff eines organischen, elektro-optischen Elements umfaßt erfundungsgemäß sowohl ein organisches elektrolumineszentes, beziehungsweise lichtemittierendes 15 Element, wie eine OLED, als auch ein photovoltaisches Element, welches ein organisches Material als photovoltaisch aktives Medium aufweist. Im folgenden wird der Einfachheit halber der Begriff OLED aufgrund des äquivalenten Aufbaus auch allgemein für organische 20 lichtwandelnde Elemente, also sowohl für lichtemittierende, als auch für photovoltaische Elemente verwendet.

Als elektro-optische Struktur wird in diesem Zusammenhang die Schichtstruktur einer OLED, beziehungsweise eines 25 entsprechend aufgebauten photovoltaischen Elements verstanden. Eine solche Struktur umfaßt dementsprechend im allgemeinen eine erste und zweite leitfähige Schicht, zwischen denen eine aktive Schicht angeordnet ist, die das zumindest eine elektro-optische Material aufweist. Als 30 aktive Schichten können dabei unter anderem Schichten verwendet werden, die MEH-PPV oder auch Alq₃ (Tris-(8-hydroxyquinolino)-Aluminium) als organisches, elektro-

optisches Material aufweisen. Die erste und zweite leitfähige Schicht, die als Elektroden für die elektro-optische Struktur dienen, weisen außerdem im allgemeinen unterschiedliche Austrittsarbeiten auf, so daß zwischen 5 beiden Schichten eine Austrittsarbeitsdifferenz entsteht.

Der Mechanismus der Lichterzeugung im elektro-optischen Material einer OLED basiert nach allgemeinem Verständnis dabei auf der Rekombination von Elektronen und Löchern, 10 beziehungsweise der Rekombination von Exzitonen unter Abgabe von Lichtquanten. Dazu werden bei Anlegen einer Spannung zwischen erster und zweiter leitfähiger Schicht von der Schicht mit der höheren Austrittsarbeiten Elektronen in das LUMO ("Lowest Unoccupied Molecular Orbital") und von 15 der Schicht mit niedrigerer Austrittsarbeiten Löcher in das HOMO ("Highest Occupied Molecular Orbital") des elektro-optischen Material injiziert, welche dann dort rekombinieren.

20 Bei einem photovoltaischen Element läuft dieser Prozeß entsprechend umgekehrt ab, so daß zwischen der ersten und zweiten leitfähigen Schicht eine Spannung abgegriffen werden kann.

25 Bei bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung umfaßt das Substrat Glas, insbesondere Kalk-Natron Glas und/oder Kunststoff.

Um hinsichtlich der integralen Reflektivität der 30 Entspiegelungsschicht optimierte Schichtdicken und Brechungssindizes der Lagen einer mehrlagigen Schicht zu bestimmen, kann beispielsweise das Integral 1) durch rekursive Anwendung der oben angegebenen Beziehungen 2) bis 5) für die einzelnen Schichten der Entspiegelungsschicht berechnet werden. Insbesondere bietet sich hier eine 35

numerische Berechnung an. Einschlägige Computerprogramme oder Fachbeiträge- bzw. Fachbücher zur Berechnung sind dem Fachmann bekannt.

5 Bei Weiterbildungen der Erfindung umfasst die Entspiegelungsschicht mehrere Lagen, beziehungsweise ein Mehrfachschichtsystem mit einer Kombination von hoch-, mittel- oder niedrigbrechenden Einzelschichten. Hierzu können vorteilhaft die aus der Vergütung optischer Bauteile 10 bekannten Schichtmaterialien, wie Titanoxid, Tantaloxid, Nioboxid, Hafniumoxid, Aluminiumoxid oder Siliziumoxid, aber auch Nitride, wie z.B. Magnesiumnitrid eingesetzt werden. Aber auch weitere dem Fachmann bekannte Beschichtungsmaterialien bzw. Kombinationen und Mischungen 15 dieser Materialien, insbesondere zur Erzeugung von mittelbrechenden Schichten, sind zur Realisierung der Erfindung vorzusehen.

20 Im Rahmen der Erfindung liegt es auch, ein Verfahren zur Herstellung eines organischen, elektro-optischen Elements mit verbesserter Aus- und/oder Einkoppeleffizienz für Licht, insbesondere eines organischen, elektro-optischen Elements gemäß einer der oben erläuterten Ausführungsformen anzugeben. Das Verfahren umfaßt dazu die Schritte: 25 - Beschichten zumindest einer Seite eines Substrats mit einer Entspiegelungsschicht, und - Aufbringen zumindest einer elektro-optischen Struktur, welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material umfaßt, wobei das Substrat mit einer 30 Entspiegelungsschicht beschichtet wird, die wenigstens eine Lage mit einer Dicke und einem Brechungsindex aufweist, für welche die integrale Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht für unter allen Winkeln von in der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen und für eine 35 Wellenlänge im Spektralbereich des emittierten Lichts des

elektro-optisches Material minimal ist oder für welche die integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher als das Minimum ist.

5 Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird dabei die Schichtdicke und der Brechungsindex der Entspiegelungsschicht gemäß einer Minimierung der oben angegebenen Beziehungen 1), 7) oder 8) in Verbindung mit den Gleichungen 2) bis 5) gewählt.

10 Zur Beschichtung mit der Entspiegelungsschicht eignen sich alle bekannten Schichtabscheideverfahren, wie Vakuumbeschichtungsverfahren, insbesondere physikalische Dampfphasenabscheidung ("physical vapor deposition" (PVD) 15 oder Sputtern, chemische Abscheideverfahren aus der Gasphase (CVD), die thermisch oder plasmaunterstützt (PECVD) oder gepulst (z.B. PI CVD) ausgeführt werden können, oder Beschichtungen aus der Flüssigphase, wie Sol-Gel-Beschichtung, Tauch-, Sprüh- oder Schleuderbeschichtung.

20 Besonders kostengünstig und vorteilhaft für die großflächige Herstellung von elektro-optischen Elementen ist eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei welcher der Schritt des Beschichtens zumindest einer 25 Seite eines Substrats mit einer Entspiegelungsschicht den Schritt des Tauchbeschichtens des Substrats umfaßt. Durch Tauchbeschichten lassen sich effizient und kostengünstig kratzfeste und witterungsbeständige Schichten mit vielseitigen optischen Eigenschaften erzeugen.

30 Vorteilhaft ist besonders, wenn die Entspiegelungsschicht des Substrats Titanoxid aufweist. Titanoxid weist einen hohen Brechungsindex auf und läßt sich als Schichtbestandteil in einfacher Weise mittels 35 Tauchbeschichtung auf das Substrat aufbringen. Durch Wahl

des Titanoxid-Gehalts kann auch der gewünschte Brechungsindex der Entspiegelungsschicht, oder einer der Lagen der Entspiegelungsschicht bei der Herstellung eingestellt werden.

5

Bevorzugt umfaßt der Schritt des Aufbringens zumindest einer elektro-optischen Struktur außerdem die Schritte:

- Aufbringen einer ersten leitfähigen Schicht,
- Aufbringen einer aktiven Schicht, welche das zumindest 10 eine organische, elektro-optische Material umfaßt, und
- Aufbringen einer zweiten leitfähigen Schicht.

Um besonders effektive mehrfach spiegelte Oberflächen oder Grenzflächen zu erhalten, ist es von Vorteil, wenn die 15 zumindest eine Entspiegelungsschicht mehrere Lagen aufweist, beziehungsweise wenn der Schritt des Beschichtens zumindest einer Seite eines Substrats mit einer Entspiegelungsschicht den Schritt des Beschichtens mit einer Entspiegelungsschicht umfaßt, welche mehrere Lagen 20 aufweist. Hierbei ist es insbesondere günstig, wenn die Lagen jeweils unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen.

Besonders günstig sind Entspiegelungsschichten, welche drei 25 Lagen aufweisen. Die Rückreflexion in das Substrat kann dabei sehr wirksam unterdrückt werden, wenn die Lagen vom Substrat ausgehend in einer Schichtabfolge Lage mit mittlerem Brechungsindex / Lage mit hohem Brechungsindex / Lage mit niedrigem Brechungsindex angeordnet sind. Der Schritt des Beschichtens mit einer Entspiegelungsschicht 30 welche mehrere Lagen, insbesondere drei Lagen aufweist, kann dementsprechend vorteilhaft die Schritte umfassen:

- Aufbringen einer Lage mit mittlerem Brechungsindex,
- Aufbringen einer Lage mit hohem Brechungsindex, und
- Aufbringen einer Lage mit niedrigem Brechungsindex.

Anstelle einer dreilagigen Entspiegelungsschicht, die einer dreifach-Entspiegelung entspricht, können auch Schichten der elektro-optischen Struktur selbst in die

5 Entspiegelungsschicht mit einbezogen werden. Beispielsweise kann eine ITO-Schicht der elektro-optischen Struktur an eine zweilagige Entspiegelungsschicht angrenzen um so zusammen mit diesen zwei Lagen mit entsprechen abgestimmten Brechungsindizes wiederum eine dreilagige

10 Entspiegelungsschicht zu bilden. Dementsprechend weist bei einer solchen Ausführungsform die Entspiegelungsschicht zumindest zwei Lagen auf, wobei eine der leitfähigen Schichten der elektro-optischen Struktur an die Entspiegelungsschicht angrenzt.

15 Vorteilhaft können die zumindest eine Entspiegelungsschicht und die zumindest eine elektro-optische Struktur auf derselben Seite des Substrats aufgebracht werden. Dadurch wird ein elektro-optisches Element geschaffen, bei welcher

20 Reflexionen beim Passieren des Lichts an der Grenzfläche zwischen Substrat und elektro-optischer Struktur vermindert werden. Weiterhin kann auf die so aufgebrachte Entspiegelungsschicht vor dem Auftragen der Schichten elektro-optischen Struktur zumindest eine Anpassungsschicht

25 aufgebracht werden, um eine optische Anpassung an die Brechungsindizes der elektro-optischen Struktur zu erreichen.

Die zumindest eine Entspiegelungsschicht und die zumindest eine elektro-optische Struktur können jedoch auch auf gegenüberliegenden Seiten des Substrats aufgebracht werden. Bei einem so hergestellten elektro-optischen Element, bei sich die Entspiegelungsschicht auf der Seite des Substrats befindet, welcher der Seite gegenüberliegt, auf welcher die

30 zumindest eine elektro-optische Struktur aufgebracht ist,

35

wird eine Reflexionsunterdrückung auf der Betrachtungs- oder Lichtaustrittsseite geschaffen.

Ist eine erfindungsgemäße Entspiegelungsschicht auf der

5 Seite angeordnet, auf welcher sich die elektro-optische Struktur befindet, kann es außerdem von Vorteil sein, wenn zwischen Entspiegelungsschicht und elektro-optischer Struktur zumindest eine Anpassungsschicht angeordnet ist. Die zumindest eine Anpassungsschicht, vorteilhaft auch ein

10 Anpassungsschicht-Stapel, beziehungsweise eine mehrlagige Anpassungsschicht kann vorteilhaft dazu dienen, die optischen Eigenschaften der Entspiegelungsschicht und der elektro-optischen Struktur besser aufeinander abzustimmen.

15 Insbesondere können Entspiegelungsschichten auch beidseitig auf das Substrat aufgebracht werden. Weisen beide Seiten des Substrats erfindungsgemäße Entspiegelungsschichten auf, wird eine umfangreiche Verbesserung bei der Auskopplung und/oder Einkopplung von Licht aus und in das Element

20 bewirkt.

Die erfindungsgemäßen organischen, elektro-optischen Elemente, insbesondere auch OLEDs lassen sich in einfacher Weise außerdem herstellen, indem bei der Herstellung

25 beispielsweise bereits ein entspiegeltes Substrat mit zumindest einer erfindungsgemäßen Entspiegelungsschicht, die bezüglich der integralen Reflektivität erfindungsgemäß optimierte oder verbesserte Schichtdicke und Brechungsindex aufweist, verwendet wird. Besonders geeignet hierfür ist

30 unter anderem etwa die Verwendung von AMIRAN®-Glas als Substrat, wie es großflächig bereits beispielsweise für reflexionsarme Fenstergläser Anwendung findet, mit entsprechend angepassten Schichtdicken der Lagen der Entspiegelungsschichten. Vorteilhaft kann die zumindest

5 eine Entspiegelungsschicht daher auch eine AMIRAN®-Beschichtung umfassen, wobei die Schichtdicken der Entspiegelungsschicht erfindungsgemäß angepaßt werden können, oder wobei eine zusätzliche erfindungsgemäß ausgestaltete Entspiegelungsschicht aufgebracht wird.

10 Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfaßt ein organisches elektro-optisches Element zumindest eine elektro-optische Struktur mit einer aktiven Schicht mit organischem, elektro-optischem Material, wobei zwischen Substrat und elektro-optischer Struktur eine Entspiegelungsschicht angeordnet ist, und wobei lichtstreuende Strukturen zwischen der elektro-optischen Struktur und dem Substrat vorhanden sind. Die 15 lichtstreuenden Strukturen bewirken auf überraschend einfache Weise ebenfalls wie eine hinsichtlich ihrer Dicke und Brechungsindex optimierte Schicht eine deutliche Steigerung der Aus- oder Einkoppeleffizienz gegenüber bekannten OLED-Elementen.

20 Allgemein kann ein entspiegeltes Glassubstrat mit einer Entspiegelungsschicht mit lichtstreuenden Strukturen als Träger sowohl für ein organisches, elektro-optisches Element, wie insbesondere einer organischen, 25 lichtemittierenden Diode, als auch für andere lichtemittierende Elemente, wie Halbleiterdioden oder anorganische elektrolumineszente Elemente verwendet werden.

30 Die lichtstreuenden Strukturen können gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in der Entspiegelungsschicht vorhanden sein. Dies läßt sich in einfacher Weise realisieren, indem beispielsweise eine Entspiegelungsschicht aufgebracht wird, die lichtstreuende Strukturen, beispielsweise in Form von Kristalliten,

Partikeln oder Einschlüssen enthält, die einen vom umgebenden Material abweichenden Brechungsindex und/oder eine abweichende Orientierung aufweisen.

5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, eine zusätzliche Schicht aufzubringen, welche lichtstreuende Strukturen zur Erhöhung der Auskoppeleffizienz aufweist. Diese Schicht kann beispielsweise zwischen Substrat und elektro-optischer
10 Struktur angeordnet sein. In vorteilhafter Weiterbildung ist die zusätzliche Schicht auf dem Substrat angeordnet oder mit dem Substrat in Kontakt, beziehungsweise wird auf dieses aufgebracht und weist einen mit dem Substratbrechungsindex im wesentlichen übereinstimmenden
15 Brechungsindex auf. Auf diese Weise entstehen an der Grenzfläche zwischen dieser Schicht und dem Substrat keine die Auskoppeleffizienz mindernden Reflexionen.

Gemäß noch einer weiteren Ausführungsform weist eine
20 strukturierte Grenzfläche zwischen Substrat und Entspiegelungsschicht lichtstreuende Strukturen auf. Eine solche Anordnung kann hergestellt werden, indem die Entspiegelungsschicht auf eine strukturierte Seite des Substrats aufgebracht wird. Im einfachsten Fall kann dazu
25 die Substratoberfläche auf der für die Entspiegelungsschicht vorgesehenen Seite aufgerautet werden. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann die Substratoberfläche auch mit regelmäßigen Strukturen versehen werden und die Entspiegelungsschicht auf diese
30 Substratseite aufgebracht werden.

Bessere Quantenausbeuten lassen sich außerdem erzielen, wenn neben der aktiven Schicht noch weitere funktionale Schichten zwischen der ersten und zweiten leitfähigen Schicht angeordnet werden. Als weitere funktionale
35 Schicht

Schichten sind beispielsweise eine Lochinjektionsschicht und/oder eine Potentialanpassungsschicht und/oder eine Elektronenblockierschicht und/oder eine Lochblockierschicht, und/oder eine Loch- und/oder eine 5 Elektronleiterschicht und/oder eine Elektroneninjektionsschicht für die Quanteneffizienz der organischen, elektro-optischen Struktur vorteilhaft, wobei diese Schichten ebenfalls wie die aktive Schicht zwischen der ersten und zweiten leitfähigen Schicht angeordnet sind.

10 Um hohe interne Quanteneffizienzen zu erreichen, ist es günstig, wenn die Schichten in der Reihenfolge Lochinjektionsschicht / Potentialanpassungsschicht / Lochleiterschicht / Elektronenblockierschicht / aktive 15 Schicht / Lochblockierschicht / Elektronleiterschicht / Elektroneninjektionsschicht aufgebracht werden, beziehungsweise angeordnet sind. Es können auch Teile, Kombinationen oder Mehrfachverwendungen dieser Funktionschichten, die dem Fachmann bekannt sind, 20 eingesetzt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsformen und unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren detaillierter beschrieben. Dabei kennzeichnen 25 gleiche Bezugszeichen gleiche oder ähnliche Teile.

Es zeigen:

Fig. 1 bis 4 schematische Querschnitte durch Ausführungsformen erfindungsgemäßer 30 organischer, elektro-optischer Elemente, eine Berechnung der integralen Fig. 5 Reflektivität einer Entspiegelungsschicht für verschiedene Werte der Schichtdicke und des Brechungsindex der Entspiegelungsschicht,

Fig. 6A und 6B Ausführungsformen elektro-optischer Strukturen eines organischen, elektro-optischen Elements,
5 Fig. 7A bis 7E Ausführungsbeispiele von Entspiegelungsschichten mit lichtstreuenden Strukturen,
Fig. 8A bis 8C Raytracing-Simulationen für verschiedene Schichtanordnungen,
10 Fig. 9 bis 11 Beispiele weiterer optischer Einrichtungen mit erfindungsgemäßen Entspiegelungsschichten.

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektro-optischen Elements, welches als Ganzes mit 1 bezeichnet ist. Als Träger des Elements 1 dient ein transparentes, flaches oder plattenförmiges Substrat 2, wobei bevorzugt Glas oder und/oder Kunststoff als Substratmaterial verwendet wird.
15 Geeignet sind beispielsweise Substratstärken im Bereich von 10 bis 2000 Mikrometer, bevorzugt im Bereich von 50 bis 700 Mikrometern.

Auf der Seite 22 des Substrats 2 ist bei dieser Ausführungsform eine elektro-optische Struktur 4 angeordnet. Die elektro-optische Struktur 4 umfaßt dabei eine erste und eine zweite leitfähige Schicht, 41 und 42, zwischen welchen eine aktive Schicht 6 angeordnet ist. Die aktive Schicht 6 enthält dabei organisches, elektro-optisches Material.
25 30

Zwischen dem Substrat 2 und der elektro-optischen Struktur 4 ist außerdem eine Entspiegelungsschicht 10 angeordnet, welche Reflexionen zwischen der dem Substrat 2 zugewandten

leitfähigen Schicht 41 und der Oberfläche des Substrats 2 vermindert.

Der Brechungsindex der Entspiegelungsschicht 10 wird 5 bevorzugt so gewählt, daß er zwischen dem Brechungsindex der angrenzenden Schichten liegt. Bei üblichen einfachen, einlagigen Entspiegelungs- oder Brechungsindex- anpassungsschichten wird im allgemeinen deren Dicke so gewählt, daß sie dem Viertel der Wellenlänge des 10 austretenden Lichts entspricht. Für den Brechungsindex der Entspiegelungsschicht wird außerdem nach der aus dem Stand der Technik bekannten Lehre das geometrische Mittel der beiden Brechungsindex-Werte der an die Entspiegelungsschicht angrenzenden Medien als Optimum 15 angesetzt.

Wird etwa Glas mit einem Brechungsindex von $n_3=1,53$ (bei 550 nm Wellenlänge) als Substrat 2 verwendet und Indium-Zinn-Oxid als transparente leitfähige Schicht 41 der 20 elektro-optischen Struktur 4 mit einem Brechungsindex von $n_1=1,85$ (bei 550 nm Wellenlänge), so ergibt sich für eine gemäß der bekannten technischen Lehre konstruierte Entspiegelungsschicht ein Brechungsindex von $n_2=(1,85 \cdot 1,53)^{1/2}=1,68$ und eine für eine Wellenlänge von 550 25 Nanometern optimierte Dicke von 81,7 nm.

Im Unterschied dazu weist eine einlagige Entspiegelungsschicht eines erfindungsgemäßen elektro-optischen Elements 1, bei welcher die integrale 30 Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht für unter allen Winkeln in der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen minimal ist, einen Brechungsindex und eine Schichtdicke auf, die von diesen Werten völlig abweicht. Eine Entspiegelungsschicht, die bezüglich der integralen 35 Reflektivität erfindungsgemäß optimiert ist, weist bei

denselben Brechungsindizes von $n_1=1,85$ und $n_3=1,53$ einen Brechungsindex von $n_2=1,59$ (jeweils bei 550 nm Wellenlänge) und eine weitaus größere Schichtdicke von 260 Nanometern auf.

5

Da sich eine Schicht mit genau festgelegtem Brechungsindex und exakter Schichtdicke in einem industriellen Produktionsprozeß nicht immer ohne Schwierigkeiten realisieren lassen, können die Werte für Brechungsindex und Schichtdicke der Schicht 10 aber auch noch so weit abweichen, daß die sich aus diesen Werten ergebende integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent, bevorzugt höchstens 15 Prozent, besonders bevorzugt höchstens 5 Prozent höher als das theoretisch erreichbare Minimum der integrale Reflektivität ist.

Die Werte für Brechungsindex und Schichtdicke einer Entspiegelungsschicht für ein erfindungsgemäßes Element 1 können beispielsweise durch numerische Berechnung der oben 20 in Beziehung 1) angegebenen integralen Reflektivität für jeweils eine Menge von Werten für Brechungsindex und Schichtdicke und Bestimmung des Minimalwertes der so errechneten integralen Reflektivitäten bestimmt werden.

25

Zusätzlich ist zum besseren Verständnis der Parameter in den oben angegebenen Beziehungen 1) bis 5) in Fig. 1 ein gedachter Emitter 13 in der aktiven Schicht 6 und ein von diesem Emitter ausgehender Lichtstrahl 10 eingezeichnet.

30

Wird die integrale Reflektivität der Entspiegelungsschicht 10 der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform gemäß der Beziehung 1) bestimmt, so bezeichnet der Winkel α_1 den zum Lot auf die Grenzfläche zwischen der Schicht 41 und der Entspiegelungsschicht 10 gemessenen Winkel des durch die

Schicht 41 laufenden Lichtstrahls. Der Winkel α_2 ist der zum Lot auf die Grenzfläche gemessene Winkel des an der Grenzfläche zwischen der Schicht 41 mit dem Brechungsindex n_1 und der Entspiegelungsschicht mit dem Brechungsindex n_2 gebrochenen, in der Entspiegelungsschicht laufenden Lichtstrahls. Der Winkel α_3 ist weiterhin der Winkel des im Substrat 2 laufenden, an der gegenüberliegenden Grenzfläche der Entspiegelungsschicht 10 zum Substrat 2 mit dem Brechungsindex n_3 gebrochenen Lichtstrahls.

Viele organische elektrolumineszente Materialien weisen keine scharfe monochromatische Emissionslinie oder ein schmalbandiges Emissionsspektrum auf, sondern emittieren vielmehr Licht mit einer spektralen Intensitätsverteilung innerhalb eines gewissen Spektralbereiches. Um hierbei hinsichtlich der Gesamthelligkeit ein gegenüber bekannten OLED-Elementen eine Erhöhung der auskoppelbaren Gesamthelligkeit zu erreichen, können der Brechungsindex und die Schichtdicke der Lage der Entspiegelungsschicht 10 außerdem so gewählt werden, daß die über alle Winkel der von der aktiven Schicht 6 ausgehenden Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen Intensitätsverteilung gewichtete Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht 10 minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum der gewichteten und integrierten Reflektivität ist. Dieses Integral kann gemäß Gleichung 7) errechnet und die Werte des Brechungsindex und der Schichtdicke für den minimal erreichbaren Wert des Integrals bestimmt werden.

Eine zusätzliche Verbesserung kann weiterhin erzielt werden, wenn für die Lage der Entspiegelungsschicht 10 eine

Dicke und einen Brechungsindex gewählt wird, für welche die über alle Winkel der von der aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen 5 Intensitätsverteilung, sowie zusätzlich der spektralen Augenempfindlichkeit gewichteten Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht 10 minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum ist. Die 10 Berechnung des Integrals kann gemäß der oben angegebenen Gleichung 8) vorgenommen werden. Aufgrund der zusätzlichen Berücksichtigung der Augenempfindlichkeit wird für den Betrachter subjektiv ein noch besseres Ergebnis bezüglich der Helligkeit des OLED-Elements 1 erreicht. Die Werte für 15 Brechungsindex und Schichtdicke der Minima der Integrale der mit der spektralen Intensitätsverteilung oder zusätzlich mit der Augenempfindlichkeit gewichteten Reflektivitäten decken sich in aller Regel auch mit dem Minimum der integralen Reflektivität für eine einzelne 20 Wellenlänge im Spektralbereich der emittierten Strahlung gemäß Gleichung 1), selbst wenn das emittierte Licht nicht monochromatisch ist. Allerdings kann das Minimum der integralen Reflektivität gemäß Gleichung 1) dann bei einer Wellenlänge liegen, bei der die emittierte Intensität nicht 25 maximal ist.

In Fig. 2 ist ein Querschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen organischen, elektro-optischen Elements 1 dargestellt. Auf das Substrat 30 2 sind bei dieser Ausführungsform auf einer ersten Seite 21 eine erste Entspiegelungsschicht 8 und auf einer zweiten Seite 22 eine zweite Entspiegelungsschicht 10 aufgebracht.

Die Entspiegelungsschichten umfassen jeweils drei Lagen 81, 35 83, 85, beziehungsweise 101, 103 und 105. Die Lagen der

Entspiegelungsschichten weisen jeweils zueinander unterschiedliche Brechungsindizes auf. Speziell sind die Lagen so angeordnet, daß sie vom Substrat ausgehend in einer Schichtabfolge Lage mit mittlerem Brechungsindex / 5 Lage mit hohem Brechungsindex / Lage mit niedrigem Brechungsindex angeordnet sind. Dementsprechend weisen die Lagen 83 und 103 einen höheren Brechungsindex als die Lagen 81 und 101, und die Lagen 85 und 105 auf, wobei die Lagen 85 und 105 jeweils die niedrigsten Brechungsindizes der 10 Entspiegelungsschichten 8 und 10 besitzen.

Der Brechungsindex und die Schichtdicke jeder der Lagen 81, 83, 85, beziehungsweise 101, 103 und 105 der beiden Entspiegelungsschichten 8 und 10 sind dabei derart gewählt, 15 daß die integralen Reflektivitäten der Entspiegelungsschichten 8, 10 jeweils minimal sind oder vom Minimum höchstens 25% abweichen.

Auf der Entspiegelungsschicht 10 auf der Seite 22 des 20 Substrats 2 ist eine elektro-optische Struktur 4 mit einer aktiven Schicht 6 aufgebracht, welche ein organisches, elektro-optisches Material umfaßt. Die Entspiegelungsschicht 8 ist auf der Seite 21 des Substrats 2 angeordnet, welche der Seite 22, auf welcher die elektro- 25 optische Struktur 4 aufgebracht ist, gegenüberliegt.

Die elektro-optische Struktur 4 umfaßt wie bei der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform eine erste und eine zweite leitfähige Schicht, 41 und 42, zwischen welchen eine aktive 30 Schicht 6 angeordnet ist, die das organische, elektro-optische Material enthält.

Im Falle eines als OLED aufgebauten organischen, elektro-optischen Elements wird Licht, welches vom organischen, 35 elektro-optischen Material durch Elektrolumineszenz,

beziehungsweise Elektron-Loch-Rekombination erzeugt wird, durch die erste leitfähige Schicht 41 über das Substrat 2 nach außen geleitet, wobei es an der Lichtaustritts- und/oder Lichteintrittsseite 12 des Elements 1 austritt. Um 5 den Lichtdurchtritt durch die erste leitfähige Schicht 41 zu ermöglichen, ist die leitfähige erste Schicht 41 der elektro-optischen Struktur beispielsweise aus teilweise transparentem, leitfähigen Material, wie etwa Indium-Zinn-Oxid (ITO), einem transparenten leitfähigen Oxid (TCO) oder 10 einer dünnen Metallschicht hergestellt.

Bei einem photovoltaischen Element, bei welchem Licht in der aktiven Schicht 6 im organischen, elektro-optischen Material Elektron-Loch-Paare bildet, ist der Strahlengang 15 entsprechend umgekehrt.

In Fig. 3 ist ein Querschnitt durch eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen organischen, elektro-optischen Elements 1 dargestellt. Diese 20 Ausführungsform unterscheidet sich von der anhand von Fig. 2 dargestellten Ausführungsform durch eine zusätzliche Anpassungsschicht 5 zwischen der elektro-optischen Struktur 4 und der Entspiegelungsschicht 10. Die Anpassungsschicht 5 dient der besseren Brechungsindexanpassung zwischen der 25 Entspiegelungsschicht 10 und der leitfähigen Schicht 41 der elektro-optischen Struktur 4. Die Anpassungsschicht kann auch, wie Fig. 3 zeigt, mehrlagig ausgeführt sein, wobei die beispielhaft gezeigte Anpassungsschicht 5 die vier Lagen 51, 52, 53 und 54 umfaßt.

30 Die Anpassungsschichten sind insbesondere dann günstig, wenn verschiedene aufgebaute elektro-optische Strukturen mit einem Substrat mit vorgefertigter Entspiegelung kombiniert werden sollen. Auf diese Weise kann ein festgelegter 35 Substrattyp ohne Änderungen für mehrere verschiedene

elektro-optische Strukturen verwendet werden.
Beispielsweise können so die sonst ursprünglich für andere Anwendungen gedachte AMIRAN®-Substrate benutzt werden.

5 Fig. 4 zeigt noch eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen organischen elektro-optischen Elements 1. Bei dieser Ausführungsform umfaßt die Entspiegelungsschicht 10 zwei Lagen 101 und 103. Gegenüber den vorigen Ausführungsformen weist die Entspiegelungsschicht 10 dieser 10 Ausführungsform, welche an die leitfähige Schicht 41 angrenzt, demnach keine dritte Lage 105 auf. Vielmehr übernimmt hier die leitfähige Schicht 41 selbst die Funktion einer dritten Lage einer dreilagigen Entspiegelungsschicht.

15 Dies ist in einfacher Weise beispielsweise dadurch zu erreichen, indem für die Schichten 101 und 103 der Entspiegelungsschicht 10 die Brechungsindizes im Rahmen einer hinsichtlich der integralen Reflektivität 20 erfindungsgemäß verbesserten Entspiegelungsschicht so gewählt werden, daß der Brechungsindex der leitfähigen Schicht 41 der elektro-optischen Struktur 4 unter den Brechungsindizes der Schichten 101 und 103 liegt. Bevorzugt weist dabei auch bei dieser Ausführungsform die Schicht 103 25 den höchsten Brechungsindex unter den Schichten auf.

Auch für die mehrlagigen Entspiegelungsschichten 8, 10, wie sie die in den Fig. 2 bis 4 gezeigt sind, gilt wie bei der einlagigen Entspiegelungsschicht des in Fig. 1 gezeigten 30 Ausführungsbeispiels, daß die Lagen der Entspiegelungsschicht 8, 10 eine Dicke und einen Brechungsindex aufweisen, für welche die integrale Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht 10 für unter allen Winkeln in der aktiven Schicht

ausgehende Lichtstrahlen für eine Wellenlänge im emittierten Spektralbereich minimal ist oder für welche die integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher als das Minimum ist.

5

Um derart verbesserte Schichtdicken und Brechungsindizes der Lagen einer mehrlagigen Schicht zu bestimmen, kann die integrale Reflektivität gemäß den oben angegebenen Gleichungen 1), 7) oder 8) der gesamten, mehrlagigen 10 Entspiegelungsschicht 8, beziehungsweise 10 durch rekursive Anwendung der Beziehungen 2) bis 5) für die einzelnen Schichten 81, 83, 85, und 101, 103, 105 der Entspiegelungsschichten numerisch berechnet werden.

15 Bei den anhand der Fig. 2 bis 4 dargestellten Ausführungsformen organischer elektro-optischer Elemente können eine oder mehrere Lagen der Entspiegelungsschicht 10 auch lichtstreuende Strukturen aufweisen.

20 Fig. 5 zeigt Graphen der integralen Reflektivität einer einlagigen Entspiegelungsschicht, wie sie das Ausführungsbeispiel der Fig. 1 aufweist, als Funktion von Brechungsindex und Schichtdicke der Entspiegelungsschicht 10. Für die an die Entspiegelungsschicht 10 angrenzende 25 leitfähige transparente Elektrodenschicht 41 wurde ein Brechungsindex von $n_1=1,85$ angenommen. Als Substrat 2 wurde der Rechnung ein Glas mit einem Brechungsindex von $n_3=1,45$ zugrundegelegt. Verschiedene diskrete Werte der integralen 30 Reflektivität im Bereich von 0,193 bis 0,539 sind in Fig. 5 als Kurven dargestellt.

An Punkt A wird die minimale Reflektivität von 0,154 für eine einlagige Entspiegelungsschicht mit Grenzflächen zu Medien mit $n_1=1,85$ und $n_3=1,45$ erreicht. Dieser Punkt 35 befindet sich bei den Werten $n_2=1,59$ und $d=260$ Nanometer.

Die Kurve mit einer integralen Reflektivität von 0,193 begrenzt außerdem den Wertebereich von Brechungsindex und Schichtdicke der Entspiegelungsschicht, in welchem die integrale Reflektivität höchstens 25% höher als der 5 Minimalwert von 0,154 ist.

Der Punkt B bezeichnet die Werte für Brechungsindex und Schichtdicke einer Entspiegelungsschicht, die in herkömmlicher Weise bei gleichen angrenzenden Medien für 10 senkrechten Lichtaustritt als Viertelwellenlängen-Schicht optimiert ist. Für eine solche Viertelwellenlängen-Schicht ergeben sich von einer erfindungsgemäßen Entspiegelungsschicht deutlich abweichende Werte von 15 $n_2=1,68$ und $d=81,7$ Nanometer. Eine erfindungsgemäße Entspiegelungsschicht weist also überraschend für die beschriebene Konfiguration gegenüber einer üblichen Viertelwellenlängen-Schicht eine wesentlich höhere Schichtdicke und einen deutlich niedrigeren Brechungsindex auf.

20 Insbesondere gilt für wie vorstehend beschriebene erfindungsgemäße Entspiegelungsschichten für elektro- optische Elemente, oder auch Anwendungen, wie optische Elemente, beispielsweise Linsen, Filter, Prismen, Scheiben, 25 insbesondere Fensterscheiben, Autoglas, Architekturglas, oder Beleuchtungskörper, daß die Lage der Entspiegelungsschicht, eine optische Dicke von zumindest 3/8 einer Wellenlänge des Transmissions- oder Emissionsspektrums, bevorzugt sogar zumindest einer halben 30 Wellenlänge aufweist.

Bei dem in Fig. 5 gezeigten Beispiel liegt der Bereich von 35 zumindest einer halben Wellenlänge optischer Dicke oberhalb von etwa 163 Nanometern Schichtdicke. Die untere Grenze dieses Bereichs ist in Fig. 5 durch eine gestrichelte, mit

„ $\lambda/2$ “ bezeichnete Linie und die untere Grenze des Bereichs einer optischen Dicke von zumindest $3/8$ der Wellenlänge durch eine gepunktete, mit „ $(3/8) \cdot \lambda$ “ bezeichnete Linie gekennzeichnet.

5

In den Figuren 6A und 6B sind Querschnitte durch verschiedene beispielhafte Ausführungsformen von elektro-optischen Strukturen 4 dargestellt. Das Substrat 2, auf welchem die elektro-optische Struktur 4 aufgebracht ist, 10 ist jeweils der Übersichtlichkeit halber ohne Entspiegelungsschicht dargestellt.

Bei der in Fig. 6A gezeigten, ersten Ausführungsform einer elektro-optischen Struktur 4 umfaßt die erste leitfähige 15 Schicht 41 eine Indium-Zinn-Oxidschicht 411, welche in Kontakt mit dem Substrat 2, beziehungsweise mit einer nicht dargestellten Entspiegelungsschicht auf dem Substrat 2 steht.

20 Auf die Indium-Zinn-Oxidschicht 411 ist eine Lochinjektionsschicht 14 aufgebracht. Diese kann beispielsweise eine Polymerschicht umfassen, die beispielsweise Polyanillin oder PEDOT/PSS ("Poly(3,4-Ethylendioxythiophen) /Poly(styrenesulfonat)") enthält.

25

Auf diese Lochinjektionsschicht 14 ist eine aktive, elektrolumineszente Schicht 6 aufgebracht, welche eine Polymerschicht aus MEH-PPV 61 als organisches, elektro-optisches Material umfaßt. Dabei bezeichnet MEH-PPV das 30 Polymer (Poly(2-Methoxy, 5-(29-Ethyl-Hexyloxy)-1,4-Phenylenvinylen)).

Die auf der aktiven Schicht 6 aufgebrachte, zweite leitfähige Schicht 42 umfaßt in dieser Ausführungsform ein Calcium-Aluminium Zweischichtsystem 421.

5 Die prinzipielle Schichtabfolge ITO-Schicht / PEDOT/PSS-Schicht / MEH-PPV-Schicht / Ca/Al-Schicht dieser Ausführungsform hat sich unter anderem für die Verwendung als OLED bewährt, wobei mit einem derartigen Schichtaufbau vereinzelt bereits deutlich über 10000 Betriebsstunden 10 erreicht werden konnten.

In Fig. 6B ist eine weitere, beispielhafte Ausführungsform einer elektro-optischen Struktur 4 dargestellt. Diese weist eine zusätzliche Lochtransportschicht 18 auf, welche nach 15 der Lochinjektionsschicht 14 aufgebracht ist. Als Material geeignet ist für eine Lochtransportschicht 18 beispielsweise N,N'-Diphenyl-N,N'-bis(3-Methylphenyl)-1,1'-Biphenyl-4,4'-Diamin (TPD). Ebenso geeignet ist dazu auch N,N'-bis-(1-Naphtyl)-N,N'-Diphenyl-1,1-Biphenyl-4,4'-diamine (NPB). 20

Die aktive, elektrolumineszente Schicht 6 umfaßt in dieser Ausführungsform eine Schicht 62 als organisches, elektro-optisches Material, die Alq₃ (Tris(8-Quinolinolato)-25 Aluminum) aufweist. Als organische elektrolumineszente Materialien können aber auch organische Moleküle mit niedriger Massezahl ("small molecules"), die etwa mittels PVD aufdampfbar sind, sowie organische elektrolumineszente Polymere eingesetzt werden.

30. Die leitfähige Schicht 42 dieser Ausführungsform umfaßt eine Schicht 422 aus einer Magnesium-Silber-Legierung mit niedriger Austrittsarbeit.

Neben den anhand der Figuren 6A und 6B dargestellten Ausführungsformen sind eine große Vielzahl weiterer geeigneter elektro-optischer Strukturen bekannt, die sich für OLEDs oder entsprechende photovoltaische Elemente 5 eignen und für die vorliegende Erfindung verwendet werden können. So sind unter anderem mittlerweile eine große Anzahl organischer, elektrolumineszenter Materialien, leitfähiger Elektrodenschichten, sowie neben den oben genannten Lochtransport- und Lochinjektionsschichten auch 10 viele weitere funktionelle Schichten bekannt, welche die Effizienz von OLEDs oder photovoltaischen Elementen steigern.

Derartige Schichten und Materialien, sowie verschiedene 15 mögliche Schichtabfolgen innerhalb von organischen, elektro-optischen Elementen wie insbesondere von OLEDs sind beispielsweise in folgenden Dokumenten, sowie den Literaturverweisen darin beschrieben, welche durch Bezugnahme diesbezüglich vollständig in die vorliegende 20 Anmeldung mit aufgenommen werden:

1. Nature, Vol. 405, Seiten 661 - 664,
2. Adv. Mater. 2000, 12, No. 4, Seiten 265 - 269,
3. EP 0573549,
- 25 4. US 6107452.

Die Fig. 7A bis 7E zeigen Ausführungsformen der Erfindung, bei welchen die Entspiegelungsschicht 10 außerdem 30 lichtstreuende Strukturen 7 aufweist, welche zumindest einen Teil des durch die Schicht 10 hindurchtretenden Lichts streuen und so einen Teil des Lichts, welches sonst unter einem Totalreflexionswinkel auf eine der Grenzflächen der Schicht 10 treffen würde, so umlenken, daß ihr Auftreffwinkel unterhalb des kritischen Winkels liegt und 35 die Grenzfläche passieren kann. Dadurch wird die Aus- oder

Einkoppeleffizienz weiter erhöht. Die lichtstreuenden Strukturen können dabei sowohl im Inneren der Schicht 10, als auch an einer oder beiden Grenzflächen der Schicht 10 vorhanden sein.

5

In Fig. 7A ist ein Ausführungsbeispiel eines organischen elektro-optischen Elements 1 mit einer einlagigen Entspiegelungsschicht 10 dargestellt. Der prinzipielle Aufbau dieses erfindungsgemäßen Elements 1 entspricht dabei 10 der anhand von Fig 1 gezeigten Ausführungsform. Die elektro-optische Struktur 4 ist vereinfacht mit einem dreischichtigen Aufbau dargestellt, kann aber beispielsweise entsprechend den Fig. 6A und 6B aufgebaut sein.

15

Die zwischen der elektro-optischen Struktur 4 und dem Substrat 2 angeordnete Entspiegelungsschicht 10 weist bei dem in Fig. 7A gezeigten Ausführungsbeispiel lichtstreuende Strukturen 7 in Form kleiner Kristallite, Partikel oder 20 Einschlüsse auf, welche das durch die Schicht 10 tretende Licht zumindest teilweise streuen. Die Partikel oder Einschlüsse weisen dazu beispielsweise einen anderen Brechungsindex auf als die übrige Schicht 10, beziehungsweise das die Partikel umgebende Material. Die 25 Größe der Partikel ist von der gleichen Größenordnung oder kleiner als die Lichtwellenlänge, auf welche die Entspiegelungsschicht 10 angepaßt ist. Durch Partikel oder Einschlüsse dieser Größe wird eine besonders effektive Streuung des Lichts erreicht.

30

Fig. 7B zeigt eine Ausführungsform der Erfindung mit dreilagiger Entspiegelungsschicht 10, wie sie etwa auch die Ausführungsbeispiele der Fig. 2 bis Fig. 4 aufweisen. Die lichtstreuenden Strukturen sind bei dieser Ausführungsform

in jeder der Lagen 101, 103, 105 der Entspiegelungsschicht vorhanden.

Fig. 7C zeigt ebenfalls ein Ausführungsbeispiel mit 5 dreilagiger Entspiegelungsschicht. Dabei ist wie bei den Ausführungsbeispielen der Fig. 2 bis Fig. 4 sowohl auf der Seite 22 des Substrats, als auch auf der gegenüberliegenden Seite 21 jeweils eine dreilagige Entspiegelungsschicht 10, beziehungsweise 8 angeordnet. Die lichtstreuenden Strukturen 10 befinden sich bei dem in Fig. 7C gezeigten Ausführungsbeispiel in den als erste auf das Substrat 2 aufgebrachten Lagen 81 und 101. Selbstverständlich können 15 die lichtstreuenden Strukturen aber auch in einer anderen Lage oder in zwei Lagen der Entspiegelungsschichten 8, 10 angeordnet sein.

Fig. 7D zeigt noch eine weiteres Ausführungsbeispiel mit einer Entspiegelungsschicht 10 mit lichtstreuenden 20 Strukturen 7. Im Unterschied zu den in Fig. 7A bis 7C dargestellten Ausführungsbeispielen ist die Grenzfläche zwischen Substrat und Entspiegelungsschicht 10 25 strukturiert. Dazu wird die Entspiegelungsschicht auf die strukturierte Seite 21 des Substrats aufgebracht, so daß die Entspiegelungsschicht an ihrer Grenzfläche zum Substrat 2 lichtstreuende Strukturen 7 aufweist.

Bei der in Fig. 7D gezeigten Ausführungsform ist die Entspiegelungsschicht insbesondere auf die mit regelmäßigen Strukturen in Form regelmäßiger Vorsprünge versehene Seite 30 22 des Substrats 2 aufgebracht, so daß sich dementsprechend regelmäßige lichtstreuende Strukturen 7 an der Grenzfläche 22 ergeben. Anders als in Fig. 7D gezeigt, kann die Fläche 22 aber auch einfach mit einem geeigneten Verfahren, beispielsweise durch Ätzen aufgerauht werden, so daß die 35 lichtstreuenden Strukturen unregelmäßig sind.

Wie Abb. 7E zeigt, können die lichtstreuenden Strukturen aber auch in einer zusätzlichen Schicht 11 auf der Seite 22 des Substrats 2 aufgebracht werden. Der Brechungsindex der 5 Matrix dieser auf dem Substrat 2 angeordneten Schicht 11 kann vorteilhaft so gewählt werden, dass er möglichst gut mit dem Brechwert des Substrats 2 übereinstimmt. In diesem Fall hat die Schicht keine brechende und damit reflektierende Wirkung an der Grenzfläche zum Substrat, 10 wenn sie mit dem Substrat in Kontakt ist, sondern nur streuende Wirkung und ist kein Bestandteil der Entspiegelungsschicht.

Die Fig. 8A bis 8C zeigen Raytracing-Simulationen für 15 verschiedene Schichtanordnungen organischer elektrooptischer Elemente. Die Graphen der Fig. 8A bis 8C zeigen jeweils die Betrachtungsseite eines organischen elektro-optischen Elements 1. Jeder Punkt der Graphen repräsentiert jeweils einen ausgetretenen Lichtstrahl, 20 wobei eine punktförmige Strahlungsquelle in der aktiven Schicht eines OLEDs als elektro-optische Struktur für die Berechnung zugrundegelegt wurde. Die Strahlungsquelle befindet sich dabei in der Mitte der zweidimensionalen Graphen. Für das Material der aktiven Schicht wurde ein 25 Brechungsindex von $n=1,7$, für die zwischen aktiver Schicht und Substrat angeordnete transparente leitfähige Elektrodenschicht ein Brechungsindex von $n=1,85$ und für das Substrat ein Brechungsindex von $n=1,45$ angenommen. Der Brechungsindex von $n=1,85$ der leitfähigen Elektrodenschicht 30 entspricht dabei dem Brechungsindex von Indium-Zinn-Oxid.

Fig. 8A zeigt die Berechnung für eine Anordnung ohne Entspiegelungsschicht zwischen OLED und Substrat. Eine derartige Anordnung, wie sie in herkömmlicher Weise in

OLED-Elementen verwendet wird, zeigt eine externe Effizienz von nur 18,8%.

In Fig. 8B ist das Ergebnis einer Simulation für eine wie 5 in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Anordnung, jedoch ohne lichtstreuende Strukturen gezeigt. Für den Brechungsindex der Entspiegelungsschicht wurde $n=1,65$ angenommen. Die Dicke der Entspiegelungsschicht beträgt $d=0,15 \mu\text{m}$. Mit einer solchen Anordnung entsprechend dem in 10 Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ohne lichtstreuende Strukturen wird eine Steigerung der externen Quanteneffizienz auf 25,3% erreicht.

Fig. 8C zeigt schließlich eine Simulation für eine wie in 15 Fig. 1 gezeigte erfindungsgemäße Ausführungsform mit zusätzlichen lichtstreuenden Strukturen, entsprechend der in Fig. 7A dargestellten Ausführungsform. Schichtdicken und Brechungsindizes entsprechen dabei der Fig. 8B zugrundeliegenden Simulation. Die externe Quanteneffizienz 20 steigert sich hier durch das Einbringen der lichtstreuenden Strukturen auf 28%.

In den Fig. 9 bis 11 sind weitere Beispiele optischer Einrichtungen mit erfindungsgemäßen Entspiegelungsschichten 25 dargestellt. Fig. 9 zeigt ein Beispiel einer erfindungsgemäß entspiegelten optischen Komponente in Form einer im Querschnitt gezeigten Linse 70. Die Linse kann beispielsweise ein Brillenglas oder eine Linse eines Objektivs sein.

30 Beide Brechflächen 72, 73 des Substrats 71 der Linse 70 sind dabei mit erfindungsgemäßen Entspiegelungsschichten 8, beziehungsweise 10 beschichtet, die in gleicher Weise wie die Entspiegelungsschichten der elektro-optischen Elemente 35 gemäß den oben beschriebenen Beispielen ausgebildet sind.

An die Stelle der Wellenlänge des von den Funktionschichten emittierten Spektrums des elektro-optischen Elements können hier die Dicken und Brechungswerte auf eine Wellenlänge des sichtbaren Spektrums, bevorzugt die mittlere Wellenlänge des sichtbaren Spektrums optimiert werden. Insbesondere kann jede der Entspiegelungsschichten 8, 10 auch wieder eine optische Dicke aufweisen, die zumindest $3/8$, bevorzugt zumindest $1/2$ mal der Wellenlänge aus dem Spektrum beträgt.

10 Fig. 10 zeigt ein weiteres Beispiel einer optischen Komponente, hier im Querschnitt einen optischen Filter 75. Auch hier sind Eintrittsfläche 77 und Austrittsfläche 78 des transparenten Substrats 76 jeweils mit erfundungsgemäßen Entspiegelungsschichten 8, beziehungsweise 10 versehen. Für einen optischen Filter bietet es sich an, die Schichtdicke der zumindest einen Lage der Entspiegelungsschicht auf möglichst kleine integrale Reflektivität für eine Wellenlänge des gefilterten Spektrums anzupassen. Beispielsweise kann die Entspiegelungsschicht auf die mit der Intensitätsverteilung gewichtete mittlere Wellenlänge des gefilterten Spektrums optimiert sein. Das Substrat 76 kann auch beispielsweise eine Scheibe, beispielsweise ein Fenster, insbesondere auch Architekturglas, Fenster für Flugzeuge, Schiffe oder Fahrzeuge sein. Hier bietet es sich dann an, eine Schichtdicke der zumindest einen Lage der Entspiegelungsschicht zu verwenden, welche hinsichtlich ihrer integralen Reflektivität für die mittlere Wellenlänge des optischen Spektrums, oder die mit der Intensitätsverteilung des Tageslichtspektrums und/oder der spektralen Augenempfindlichkeit gewichteten mittleren Wellenlänge des optischen Spektrums optimiert ist.

In Fig. 11 ist ein Beispiel eines mit erfindungsgemäßen Entspiegelungsschichten ausgestatteten Beleuchtungskörpers dargestellt. Der Beleuchtungskörper ist in diesem Beispiel eine Leuchtstoffröhre 90 mit einem röhrenförmigen
5 Glassubstrat 91, die einen Gasentladungsraum 92 umschließt. Sowohl die Innenfläche 93, als auch die Außenfläche des Substrats sind mit erfindungsgemäß auf minimale integrale Reflektivität, beispielsweise für das gewichtete Mittel des Fluoreszenzspektrums optimierten Entspiegelungsschichten 8,
10 10 ausgestattet.

Es ist dem Fachmann ersichtlich, dass die Erfindung nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beschränkt ist, sondern vielmehr in vielfältiger Weise
15 variiert werden kann. Insbesondere können auch die Merkmale der einzelnen beispielhaften Ausführungsformen auch miteinander kombiniert werden.

Bezugszeichenliste

1 Organisches, elektro-optisches Element
2 Substrat
4 Elektro-optische Struktur
5 Anpassungsschicht
6 aktive Schicht der elektro-optischen Struktur 4
7 lichtstreuende Struktur
8, 10 Entspiegelungsschichten
11 Schicht mit lichtstreuenden Strukturen 7
12 Lichtaustritts- und/oder Lichteintrittsseite
13 Gedachter Emitter
14 Lochinjektionsschicht (PEDOT/PSS, CuPC)
18 Lochleiterschicht (TPD, TDAPB)
21 erste Seite des Substrats 2
22 zweite Seite des Substrats 2
41 erste leitfähige Schicht der elektro-optischen
 Struktur 4
42 zweite leitfähige Schicht der elektro-optischen
 Struktur 4
51 - 54 Lagen der Anpassungsschicht
61 MEH-PPV Schicht
62 Alq₃ -Schicht
70 Linse
71 Substrat von 70
72, 73 Brechflächen von 70
75 optischer Filter
76 Substrat von 75
77, 78 Ein- und Austrittsflächen von 75
81, 83, 85 Lagen der Entspiegelungsschicht 8
90 Leuchtstoffröhre
91 Substrat von 90

- 92 Gasentladungsraum von 90
- 93 Innenfläche von 91
- 94 Außenfläche von 91
- 101, 103, 105 Lagen der Entspiegelungsschicht 10
- 411 Indium-Zinn-Oxidschicht
- 421 Ca/Al-Schicht
- 422 Mg:Ag-Schicht

Ansprüche

1. Elektro-optisches Element (1), insbesondere
5 organisches elektro-optisches Element, vorzugsweise
organische lichtemittierende Diode, umfassend
ein Substrat (2) und
zumindest eine elektro-optische Struktur (4), welche
eine aktive Schicht mit zumindest einem organischen,
10 elektro-optischen Material (61) umfaßt, wobei das
Substrat zumindest eine Entspiegelungsschicht (8, 10)
mit wenigstens einer Lage aufweist, dadurch
gekennzeichnet, daß
die Lage der Entspiegelungsschicht (8, 10) eine Dicke
15 und einen Brechungsindex aufweist, für welche die
integrale Reflektivität an den Grenzflächen der
Entspiegelungsschicht für unter allen Winkeln von der
aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen für eine
Wellenlänge im spektralen Bereich des
20 Emissionspektrums minimal ist oder für welche die
integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher
als das Minimum ist.

2. Elektro-optisches Element (1), insbesondere gemäß
25 Anspruch 1, umfassend
ein Substrat (2) und zumindest eine elektro-optische
Struktur (4), welche eine aktive Schicht mit zumindest
einem organischen, elektro-optischen Material (61)
umfaßt, wobei das Substrat zumindest eine
30 Entspiegelungsschicht (8, 10) mit wenigstens einer
Lage aufweist,
dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicke und der
Brechungsindex der Entspiegelungsschicht so gewählt
sind, daß das Integral der Reflektivität der
35 Entspiegelungsschicht,

$$1) \quad I(n_1, n_2, n_3, d) = \int_0^{\pi/2} R(n_1, n_2, n_3, d, \theta) \sin(\theta) d\theta$$

minimal ist oder vom Minimalwert höchstens 25 Prozent abweicht, wobei n_2 den Brechungsindex der Entspiegelungsschicht (10), n_1 und n_3 die Brechungsindizes der an die Entspiegelungsschicht (10) angrenzenden Medien, θ den Winkel des emittierten Lichts zum Lot auf die dem Emitter zugewandte Grenzfläche der Entspiegelungsschicht und d die Schichtdicke der Entspiegelungsschicht bezeichnen, und wobei für die Reflektivität $R(n_1, n_2, n_3, d, \theta)$ angesetzt wird:

$$2) \quad R(n_1, n_2, n_3, d, \theta) = \frac{R_{TE} + R_{TM}}{2}, \quad \text{wobei}$$

$$3) \quad R_{TE} = \frac{r_{12}^2 + r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}{1 + r_{12}^2 r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}, \quad \text{mit}$$

$$3a) \quad r_{12} = \frac{n_1 \cos(\alpha_1) - n_2 \cos(\alpha_2)}{n_1 \cos(\alpha_1) + n_2 \cos(\alpha_2)}, \quad \text{und}$$

$$3b) \quad r_{23} = \frac{n_2 \cos(\alpha_2) - n_3 \cos(\alpha_3)}{n_2 \cos(\alpha_2) + n_3 \cos(\alpha_3)}, \quad \text{beziehungsweise}$$

$$4) \quad R_{TM} = \frac{r_{12}^2 + r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}{1 + r_{12}^2 r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23} \cos(2\beta)}, \quad \text{mit}$$

$$4a) \quad r_{12} = \frac{n_2 \cos(\alpha_1) - n_1 \cos(\alpha_2)}{n_2 \cos(\alpha_1) + n_1 \cos(\alpha_2)}, \quad \text{und}$$

$$4b) \quad r_{23} = \frac{n_3 \cos(\alpha_2) - n_2 \cos(\alpha_3)}{n_3 \cos(\alpha_2) + n_2 \cos(\alpha_3)}, \quad \text{und wobei}$$

5) $\beta = \frac{2\pi}{\lambda_0} n_2 d \cos(\alpha_2)$ gilt, und wobei

-der Winkel $\alpha_1=0$ den zum Lot auf die Grenzfläche gemessenen Winkel eines auf die Entspiegelungsschicht auftreffenden Lichtstrahls,

-der Winkel α_2 den zum Lot auf die Grenzfläche gemessenen Winkel des an der Grenzfläche zwischen dem Medium mit dem Brechungsindex n_1 und der Entspiegelungsschicht gebrochenen, in der Entspiegelungsschicht laufenden Lichtstrahls,

-der Winkel α_3 den Winkel des abermals an der gegenüberliegenden Grenzfläche zum Medium mit dem Brechungsindex n_3 gebrochenen und in diesem Medium laufenden Lichtstrahls, und

- λ_0 die Wellenlänge des Lichts im Vakuum bezeichnen.

15 3. Element insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage der Entspiegelungsschicht (8, 10) eine Dicke und einen Brechungsindex aufweist, für welche die über alle Winkel der von der aktiven Schicht ausgehenden 20 Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen Intensitätsverteilung gewichtete Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht (8, 10) minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum ist.

25 4. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage der Entspiegelungsschicht einen Brechungsindex $n_2(\lambda)$ und eine Dicke d aufweist, bei welchem das Integral:

30

$$I(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_0^{\pi/2} S(\lambda) \cdot R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta) \sin(\theta) d\theta d\lambda$$

minimal, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent größer als das Minimum ist, wobei $S(\lambda)$ die spektrale

5 Intensitätsverteilungsfunktion, $R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta)$ die Reflektivität in Abhängigkeit von Emissionswinkel θ , Schichtdicke d und der wellenlängenabhängigen Brechungsindizes $n_2(\lambda)$ der Entspiegelungsschicht und der angrenzenden Medien, $n_1(\lambda)$, $n_3(\lambda)$, und λ_1 und λ_2 die 10 Grenzen des Emissionsspektrums bezeichnen.

5. Element gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage der Entspiegelungsschicht (8, 10) eine Dicke und einen Brechungsindex aufweist, für welche die über alle 15 Winkel der von der aktiven Schicht ausgehenden Lichtstrahlen und die Wellenlängen des Spektralbereichs der emittierten Strahlung integrierte und mit der spektralen Intensitätsverteilung, sowie 20 der spektralen Augenempfindlichkeit gewichtete Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht (8, 10) minimal ist, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent höher als das Minimum ist.

25 6. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage der Entspiegelungsschicht einen Brechungsindex $n_2(\lambda)$ und eine Dicke d aufweist, bei welchem das Integral:

$$I(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \int_0^{\pi/2} S(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta) \sin(\theta) d\theta d\lambda$$

minimal, oder höchstens 25 Prozent, bevorzugt 15 Prozent, besonders bevorzugt 5 Prozent größer als das Minimum ist, wobei $S(\lambda)$ die spektrale

5 Intensitätsverteilungsfunktion, $V(\lambda)$ die spektrale Augenempfindlichkeit, $R(n_1(\lambda), n_2(\lambda), n_3(\lambda), d, \theta)$ die Reflektivität in Abhängigkeit von Emissionswinkel θ , Schichtdicke d und der wellenlängenabhängigen Brechungssindizes $n_2(\lambda)$ der Entspiegelungsschicht und 10 der angrenzenden Medien, $n_1(\lambda)$, $n_3(\lambda)$, und λ_1 und λ_2 die Grenzen des Emissionsspektrums bezeichnen.

7. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine elektro-optische Struktur (4) eine erste (41) und eine zweite (42) leitfähige Schicht umfaßt, zwischen welchen eine aktive Schicht (6) angeordnet ist, welche das zumindest eine organische, elektro-optische Material (61) umfaßt.

15 20 8. Element nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und/oder zweite leitfähige Schicht zumindest teilweise transparent ist.

25 9. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat Glas, insbesondere Kalk-Natron Glas, eine Glaskeramik und/oder Kunststoff und/oder barrierefestiger beschichteter Kunststoff und/oder Kombinationen davon umfaßt.

10. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Entspiegelungsschicht (8, 10) mehrere Lagen umfaßt.
- 5 11. Element nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagen (81, 83, 85, 101, 103, 105) unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen.
12. Element nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht (8, 10) 10 drei Lagen (81, 83, 85, 101, 103, 105) aufweist.
13. Element nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagen vom Substrat ausgehend in einer 15 Schichtabfolge Lage mit mittlerem Brechungsindex (81, 101) / Lage mit hohem Brechungsindex (83, 103) / Lage mit niedrigem Brechungsindex (85, 105) angeordnet sind.
- 20 14. Element nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei die Entspiegelungsschicht (10) zumindest zwei Lagen aufweist, und eine der leitfähigen Schichten (41, 42) an die Entspiegelungsschicht (10) angrenzt, dadurch gekennzeichnet, daß die leitfähige Schicht (41, 42) 25 einen Brechungsindex aufweist, welcher unter den Brechungsindizes der zumindest zwei Lagen der Entspiegelungsschicht (10) liegt.
15. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch 30 gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht (8, 10) zumindest eines der Materialien Titanoxid, Tantaloxid, Nioboxid, Hafniumoxid, Aluminiumoxid, Siliziumoxid, Magnesiumnitrid aufweist.

16. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Entspiegelungsschicht (10) auf der Seite (22) des Substrats (2) angeordnet ist, auf welcher die zumindest eine elektro-optische Struktur (4) aufgebracht ist.
5
17. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Entspiegelungsschicht (8) und elektro-optischer Struktur (4) zumindest eine Anpassungsschicht (5) angeordnet ist.
10
18. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest eine Entspiegelungsschicht auf der Seite (21) des Substrats (2), welcher der Seite (22), auf welcher die zumindest eine elektro-optische Struktur (4) angeordnet ist, gegenüberliegt.
15
19. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Entspiegelungsschicht (8, 10) eine AMIRAN®-Beschichtung umfaßt.
20
20. Element (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht (10) lichtstreuende Strukturen (7) aufweist.
25
21. Element nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die lichtstreuenden Strukturen (7) Kristallite, Partikel oder Einschlüsse in der Entspiegelungsschicht (10) umfassen.
30

22. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine strukturierte Grenzfläche mit lichtstreuenden Strukturen zwischen Entspiegelungsschicht und Substrat.

5

23. Element nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine zusätzliche Schicht (11) mit lichtstreuenden Strukturen (7).

10 24. Element nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Schicht (11) einen mit dem Substratbrechungsindex im wesentlichen übereinstimmenden Brechungsindex aufweist und die zusätzliche Schicht (11) auf dem Substrat (2) angeordnet ist.

15

25. Verfahren zur Herstellung eines organischen, elektro-optischen Elements (1), insbesondere eines organischen, elektro-optischen Elements nach einem der Ansprüche 1 bis 14, umfassend die Schritte:

20 - Beschichten zumindest einer Seite (21, 22) eines Substrats (2) mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10), und

25 - Aufbringen zumindest einer elektro-optischen Struktur (4), welche zumindest ein organisches, elektro-optisches Material (61) umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10) beschichtet wird, die wenigstens eine Lage mit einer Dicke und einem Brechungsindex aufweist, für welche die integrale

30 Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht (10) für unter allen Winkeln in der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen und für eine Wellenlänge im Spektralbereich des emittierten Lichts minimal ist oder für welche die integrale

35

Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher als das Minimum ist.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Aufbringens zumindest einer elektro-optischen Struktur (4) die Schritte umfaßt:
 - Aufbringen einer ersten leitfähigen Schicht (41),
 - Aufbringen mindestens einer aktiven Schicht (6), welche das zumindest eine organische, elektro-optische Material (61) umfaßt, und
 - Aufbringen einer zweiten leitfähigen Schicht (42).
27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Beschichtens zumindest einer Seite (21, 22) eines Substrats (2) mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10) den Schritt des Beschichtens mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10) umfaßt, welche mehrere Lagen (81, 83, 85, 101, 103, 105), insbesondere drei Lagen aufweist.
28. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Beschichtens zumindest einer Seite (21, 22) eines Substrats (2) mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10) die Schritte umfaßt:
 - Aufbringen einer Lage mit mittlerem Brechungsindex (81, 101),
 - Aufbringen einer Lage mit hohem Brechungsindex (83, 103), und
 - Aufbringen einer Lage mit niedrigem Brechungsindex (85, 105).
29. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (2) mit einer

Entspiegelungsschicht (10) beschichtet wird, die lichtstreuende Strukturen (7) aufweist.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß eine Entspiegelungsschicht (10) aufgebracht wird, welche Kristallite, Partikel oder Einschlüsse enthält, die einen vom umgebenden Material abweichenden Brechungsindex oder Orientierung aufweisen.
- 10 31. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine zusätzliche Schicht (11) mit lichtstreuenden Strukturen (7) aufgebracht wird.
- 15 32. Verfahren gemäß Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Schicht einen mit dem Substratbrechungsindex im wesentlichen übereinstimmenden Brechungsindex aufweist und die zusätzliche Schicht (11) auf das Substrat aufgebracht wird.
- 20 33. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht (10) auf einer strukturierte Seite (22) des Substrats (2) aufgebracht wird.
- 25 34. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht (10) auf eine aufgerauhte Seite (22) des Substrats (2) aufgebracht wird.
- 30 35. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Entspiegelungsschicht auf eine mit regelmäßigen Strukturen versehene Seite (22) des Substrats (2) wird.

36. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß auf die
Entspiegelungsschicht (8) zumindest eine
5 Anpassungsschicht (5) aufgebracht wird.
37. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine
10 Entspiegelungsschicht (8, 10) und die zumindest eine
elektro-optische Struktur (4) auf gegenüberliegenden
Seiten (21, 22) des Substrats (2) aufgebracht werden.
38. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß beidseitig auf das
15 Substrat (2) Entspiegelungsschichten (8, 10)
aufgebracht werden.
39. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des
20 Beschichtens zumindest einer Seite (21, 22) eines
Substrats (2) mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10)
mit Vakuumbeschichtung, insbesondere physikalische
Dampfphasenabscheidung ("physical vapor deposition"
(PVD) oder Sputtern, chemisches Abscheiden aus der
25 Gasphase (CVD), thermisch oder plasmaunterstützte
chemische Dampfphasenabscheidung (PECVD) oder gepulste
plasmaunterstützte chemische Dampfphasenabscheidung
(PICVD), oder mittels Sol-Gel-Beschichtung, Tauch-,
Sprüh- oder Schleuderbeschichtung erfolgt.
30
40. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke und der
Brechungsindex der Lage, für welche die integrale
Reflektivität an den Grenzflächen der
35 Entspiegelungsschicht (10) für unter allen Winkeln in

der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen und für eine Wellenlänge im Spektralbereich des emittierten Lichts minimal ist oder für welche die integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher als das 5 Minimum ist, berechnet, insbesondere numerisch berechnet wird.

41. Substrat mit einer Entspiegelungsschicht, insbesondere transparentes Glas- oder Kunststoffsubstrat, wobei die Entspiegelungsschicht mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 25 – 40 hergestellt oder entsprechend einem Substrat für ein elektro-optisches Element gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 ausgebildet ist.
- 10 42. Substrat mit einer Entspiegelungsschicht mit zumindest einer Lage, insbesondere Substrat eines elektro-optischen Elements gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 oder 41, oder hergestellt mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 25 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß die Lage der Entspiegelungsschicht, bevorzugt alle 15 Lagen der Entspiegelungsschicht eine optische Dicke von zumindest 3/8 einer Wellenlänge des Transmissions- oder Emissionsspektrums, bevorzugt zumindest einer halben Wellenlänge aufweisen.
- 20 43. Optische Einrichtung, insbesondere Linse, Brillenglas, Prisma, optischer Filter, Scheibe, besonders Fenster für Flugzeuge, Schiffe oder Fahrzeuge, oder Beleuchtungskörper, umfassend ein 25 Substrat gemäß Anspruch 41 oder 42.
- 30 44. Verwendung eines entspiegelten Substrats, insbesondere Glassubstrats (2) mit einer Entspiegelungsschicht (8, 10) mit wenigstens einer Lage, welche eine Dicke und 35 einen Brechungsindex aufweist, für welche die

integrale Reflektivität an den Grenzflächen der Entspiegelungsschicht für unter allen Winkeln von einem gedachten Emitter in der aktiven Schicht ausgehende Lichtstrahlen und für eine Wellenlänge im spektralen Bereich des Emissionspektrums minimal ist oder für welche die integrale Reflektivität um höchstens 25 Prozent höher als das Minimum ist, -als Träger für ein organisches, elektro-optisches Element (1), insbesondere einer organischen, lichtemittierenden Diode, oder -als optisches Element, insbesondere einer Linse oder ein Prisma, oder -als Scheibe, insbesondere als Fensterscheibe für Gebäude oder Fahrzeuge.

15 45. Verwendung eines entspiegelten Glassubstrats (2) mit einer Entspiegelungsschicht mit lichtstreuenden Strukturen als Träger für ein organisches, elektro-optisches Element (1), insbesondere einer organischen, lichtemittierenden Diode.

20 46. Verwendung eines entspiegelten Substrats, insbesondere Glassubstrats (2) nach Anspuch 44 oder 45, dadurch gekennzeichnet, daß das Glassubstrat (2) AMIRAN®-Glas umfaßt.

25

Fig. 1

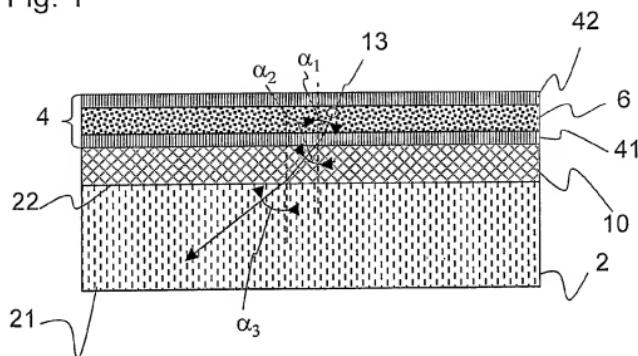


Fig. 2

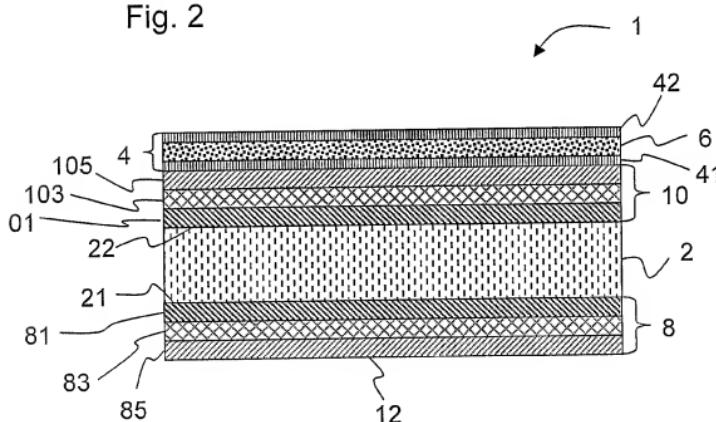


Fig. 3

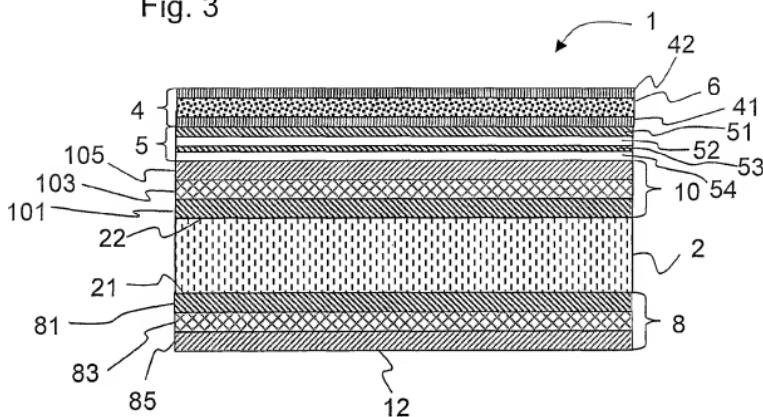
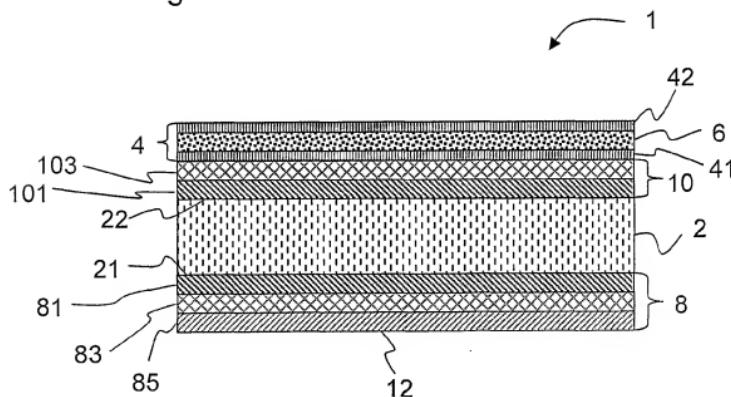


Fig. 4



Integrale Reflektivität als Funktion
von Brechungsindex und Schichtdicke

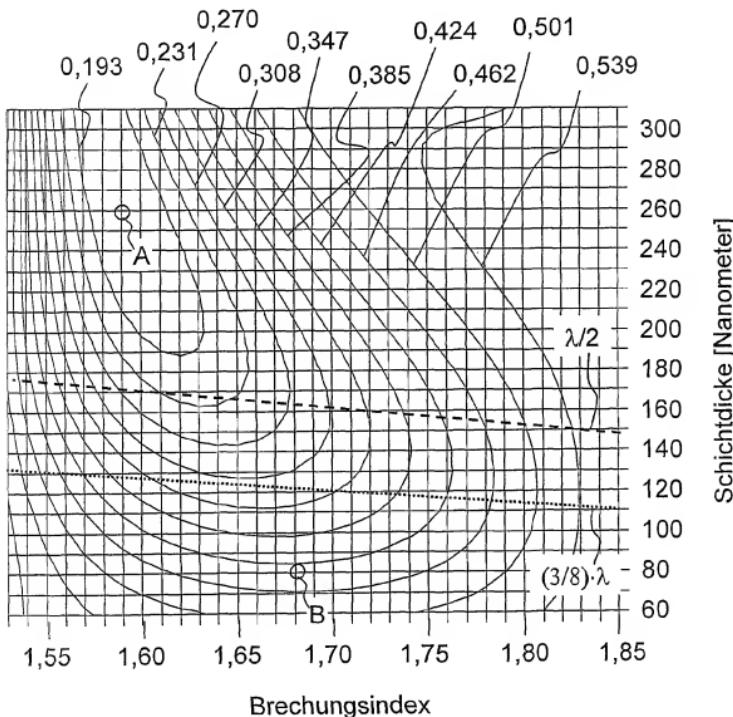


Fig. 5

Fig. 6A

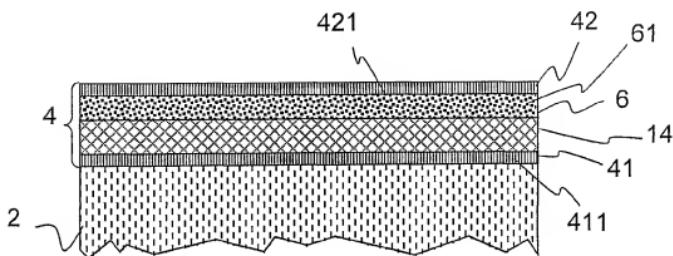


Fig. 6B

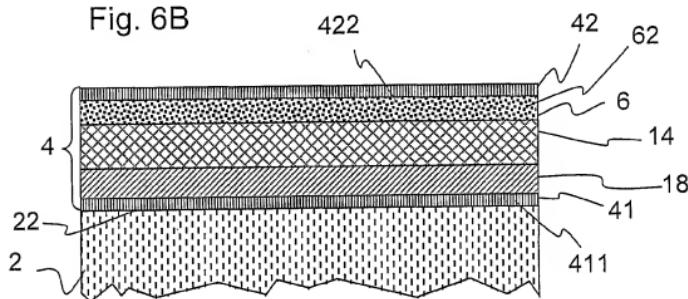


Fig. 7A

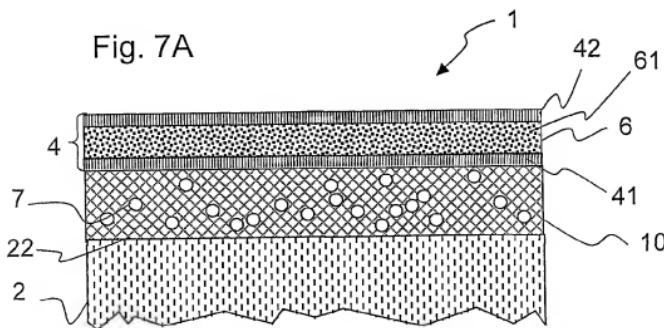


Fig. 7B

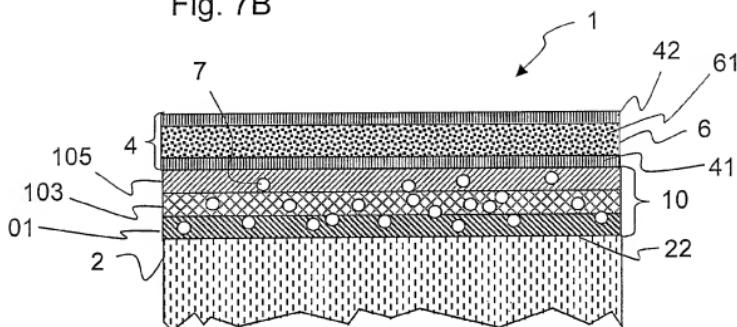


Fig. 7C

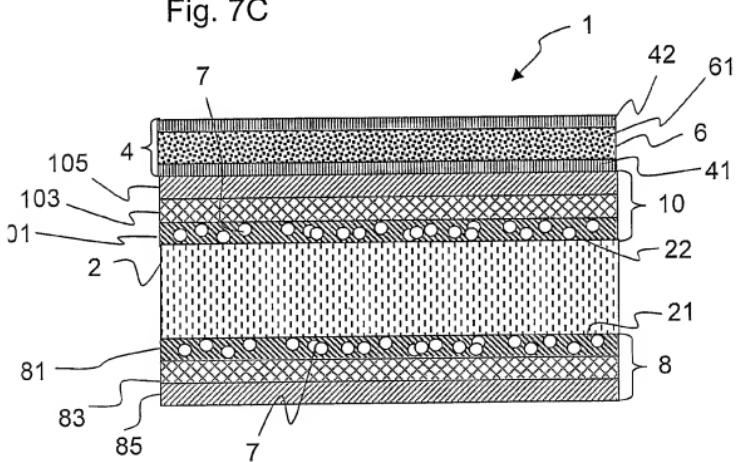


Fig. 7D

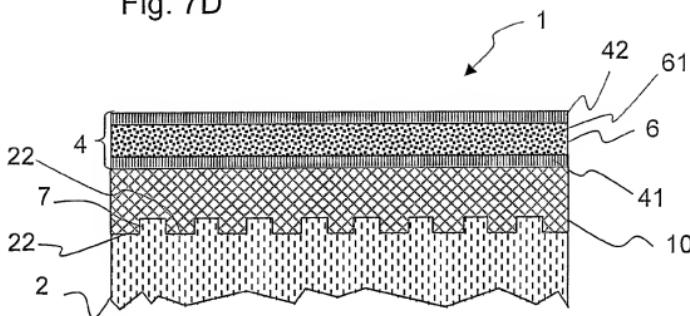


Fig. 7E

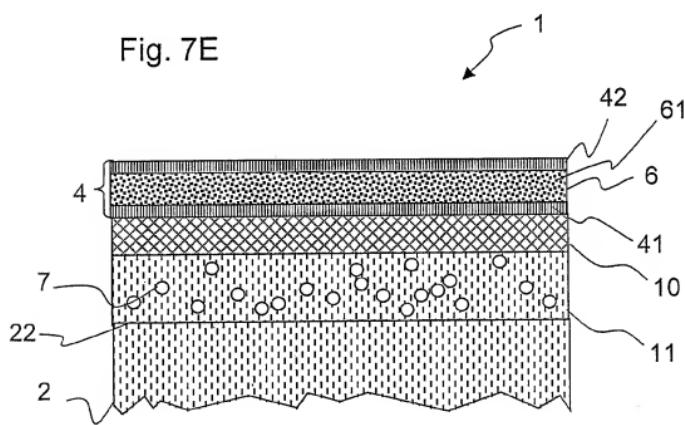


Fig. 8A

$$\eta_{\text{ext}} = 18.8\%$$

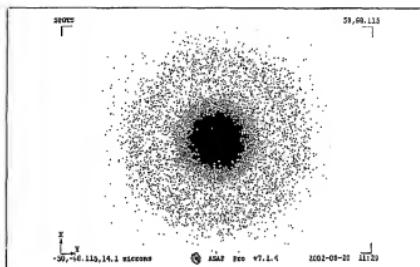


Fig. 8B

$$\eta_{\text{ext}} = 25.3\%$$

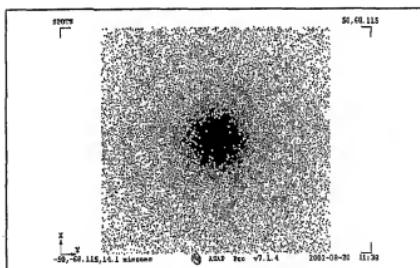


Fig. 8C

$$\eta_{\text{ext}} = 28\%$$

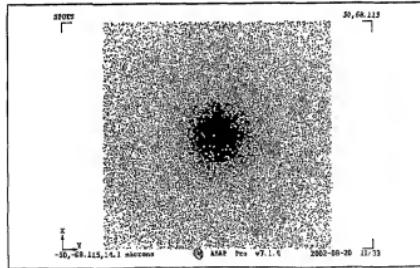


Fig. 9

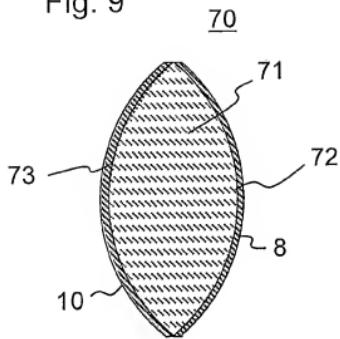


Fig. 10

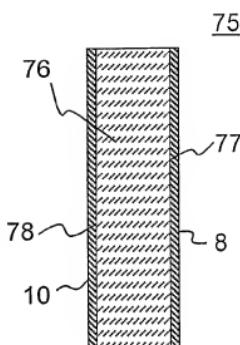
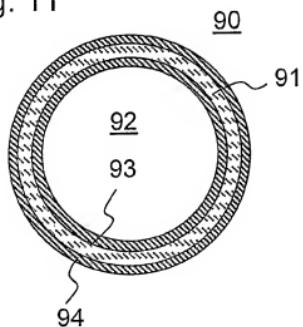


Fig. 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2005/004356A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L51/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 03/026356 A (NISSAN CHEMICAL INDUSTRIES, LTD; OOTSUKA, YOSHIKAZU; ABE, TOYOKIYO; MO) 27 March 2003 (2003-03-27) figure 3 -& EP 1 435 761 A (NISSAN CHEMICAL INDUSTRIES, LTD) 7 July 2004 (2004-07-07) paragraphs '0018!, '0022!, '0023!, '0025!; claim 4; figure 3	1-13, 15-40, 46
P, Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 05, 12 May 2003 (2003-05-12) -& JP 2003 031374 A (SONY CORP), 31 January 2003 (2003-01-31) abstract; figure 3 ----- -----	1-13, 15-40, 46
Y	----- -----	1-13, 15-40, 46

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another document under special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in contact with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

7 October 2005

20/10/2005

Name and mailing address of the ISA

Authorized officer

European Patent Office, P.B. 5818 Patentbaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl
Fax: (+31-70) 340-2046

Faou, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/EP2005/004356

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Creation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
X	WO 01/09647 A (HAALAND, PETER, D; MICKOY, B., VINCENT) 8 February 2001 (2001-02-08)	41-44
Y	page 2, lines 4-10,23-27 page 3, lines 22-33 - page 4, lines 1-3,9-11 pages 7,8 page 11, lines 23-37 - page 12, lines 1-17 page 18, lines 3-6 -----	1-13, 15-40,46
X	DATABASE WPI Section EI, Week 200457 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class U12, AN 2004-590992 XP002348123 -& TW 578 438 B (JUANG K) 1 March 2004 (2004-03-01) abstract -----	45
A	US 5 178 955 A (AHARONI ET AL) 12 January 1993 (1993-01-12) column 17, lines 17-24 -----	22,33-35
A	US 2003/077437 A1 (NAKAMURA KAZUHIRO ET AL) 24 April 2003 (2003-04-24) paragraphs '0002!, '0013!, '0055!, '0070!, '0106! - '0108!, '0113!; figure 3 -----	17,20, 21,29, 30,36
A	WO 02/37568 A (3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY) 10 May 2002 (2002-05-10) page 18, lines 5-16 page 9, lines 1-6 -----	23,24, 31,32
A	US 2004/051950 A1 (NOGUCHI TAKAFUMI) 18 March 2004 (2004-03-18) paragraphs '0004!, '0007!, '0008!, '0040!, '0041!, '0047!, '0095! -----	1-46

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.
PCT/EP2005/004356

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 03026356	A	27-03-2003	CN EP TW US	1633826 A 1435761 A1 588564 B 2004247875 A1	29-06-2005 07-07-2004 21-05-2004 09-12-2004
EP 1435761	A	07-07-2004	CN WO TW US	1633826 A 03026356 A1 588564 B 2004247875 A1	29-06-2005 27-03-2003 21-05-2004 09-12-2004
JP 2003031374	A	31-01-2003		NONE	
WO 0109647	A	08-02-2001	AT AU AU BR CA CN DE EP JP MX	296456 T 781941 B2 6609700 A 0013299 A 2380595 A1 1372646 A 60020374 D1 1203244 A1 2003506735 T PA02001074 A	15-06-2005 23-06-2005 19-02-2001 02-04-2002 08-02-2001 02-10-2002 30-06-2005 08-05-2002 18-02-2003 14-10-2003
TW 578438	B	01-03-2004		NONE	
US 5178955	A	12-01-1993		NONE	
US 2003077437	A1	24-04-2003		NONE	
WO 0237568	A	10-05-2002	AU EP JP US	4908501 A 1330844 A1 2004513483 T 2005007000 A1	15-05-2002 30-07-2003 30-04-2004 13-01-2005
US 2004051950	A1	18-03-2004		NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/004356

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L51/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. BECHERGRIFFTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestpräzisionsstott gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal PA-1 WPT Data INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERBLÄGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 03/026356 A (NISSAN CHEMICAL INDUSTRIES, LTD; OOTSUKA, YOSHIKAZU; ABE, TOYOHICO; MO) 27. März 2003 (2003-03-27) Abbildung 3	1-13, 15-40,46
P, Y	-& EP 1 435 761 A (NISSAN CHEMICAL INDUSTRIES, LTD) 7. Juli 2004 (2004-07-07) Absätze '0018!, '0022!, '0023!, '0025!; Anspruch 4; Abbildung 3 -----	1-13, 15-40,46
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 05, 12. Mai 2003 (2003-05-12) -& JP 2003 031374 A (SONY CORP), 31. Januar 2003 (2003-01-31) Zusammenfassung; Abbildung 3 ----- -/-	1-13, 15-40,46

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen.

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen
 - ** Veröffentlichung, die ein allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutend anzusehen ist
 - ** älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
 - ** Veröffentlichung, die geistig ist, ohne Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch das Veröffentlichungsdatum einer anderen, herreichenachtigen genannten Veröffentlichung überdeckt ist oder die zu einer in derart beschränkten Grund angegeben ist (wo ausgeschl.)
 - ** Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder eine Präsentation bezieht
 - ** Veröffentlichung, die im internationalen Anmeldedatum, aber nach dem internationalen Veröffentlichungsdatum veröffentlicht worden ist
- * Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalem Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zur Zeitspanne des der Erfindung entsprechenden Prinzipis oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angezeigt ist
- * Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfundenen Tätigkeiten beruhend betrachtet werden
- * Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung soll aufgrund der Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Veröffentlichung für einen Fachmann nahelegend ist
- * Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Beobachtung

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

7. Oktober 2005

20/10/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl
Fax. (+31-70) 340-2046

Bevollmächtigter Bediensteter

Faou M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/004356

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie ¹	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01/09647 A (HAALAND, PETER, D; MICKOY, B., VINCENT) 8. Februar 2001 (2001-02-08)	41-44
Y	Seite 2, Zeilen 4-10,23-27 Seite 3, Zeilen 22-33 – Seite 4, Zeilen 1-3,9-11 Seiten 7,8 Seite 11, Zeilen 23-37 – Seite 12, Zeilen 1-17 Seite 18, Zeilen 3-6	1-13, 15-40,46
X	DATABASE WPI Section E1, Week 200457 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class U12, AN 2004-590992 XP002348123 -& TW 578 438 B (JUANG K) 1. März 2004 (2004-03-01)	45
A	Zusammenfassung	22,33-35
A	US 5 178 955 A (AHARONI ET AL) 12. Januar 1993 (1993-01-12) Spalte 17, Zeilen 17-24	3-6
A	US 2003/077437 A1 (NAKAMURA KAZUHIRO ET AL) 24. April 2003 (2003-04-24) Absätze '0002!, '0013!, '0055!, '0070!, '0106! – '0108!, '0113!; Abbildung 3	17,20, 21,29, 30,36
A	WO 02/37568 A (3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY) 10. Mai 2002 (2002-05-10) Seite 18, Zeilen 5-16 Seite 9, Zeilen 1-6	23,24, 31,32
A	US 2004/051950 A1 (NOGUCHI TAKAFUMI) 18. März 2004 (2004-03-18) Absätze '0004!, '0007!, '0008!, '0040!, '0041!, '0047!, '0095!	1-46

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Alter Zeichen

PCT/EP2005/004356

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 03026356	A	27-03-2003	CN EP TW US	1633826 A 1435761 A1 588564 B 2004247875 A1		29-06-2005 07-07-2004 21-05-2004 09-12-2004
EP 1435761	A	07-07-2004	CN WO TW US	1633826 A 03026356 A1 588564 B 2004247875 A1		29-06-2005 27-03-2003 21-05-2004 09-12-2004
JP 2003031374	A	31-01-2003		KEINE		
WO 0109647	A	08-02-2001	AT AU AU BR CA CN DE EP JP MX	296456 T 781941 B2 6609700 A 0013299 A 2380595 A1 1372646 A 60020374 D1 1203244 A1 2003506735 T PA02001074 A		15-06-2005 23-06-2005 19-02-2001 02-04-2002 08-02-2001 02-10-2002 30-06-2005 08-05-2002 18-02-2003 14-10-2003
TW 578438	B	01-03-2004		KEINE		
US 5178955	A	12-01-1993		KEINE		
US 2003077437	A1	24-04-2003		KEINE		
WO 0237568	A	10-05-2002	AU EP JP US	4908501 A 1330844 A1 2004513483 T 2005007000 A1		15-05-2002 30-07-2003 30-04-2004 13-01-2005
US 2004051950	A1	18-03-2004		KEINE		